

Bidang Fokus Penelitian*: Pendidikan

LAPORAN AKHIR PENELITIAN DASAR FMIPA



**JUDUL PENELITIAN:
PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KETERAMPILAN BERPIKIR
TINGKAT TINGGI (HOTS)**

TIM PENGUSUL:

Dr. Titin Sunarti, M.Si	NIDN 0027116303
Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.	NIDN 0002047103
Abu Zainuddin, S.Pd., M.Pd.	NIDN 0017088002
Mukhayyarotin N.R.J., S.Pd., M.Pd.	NIDN 0020058701

**UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
NOPEMBER 2021**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN KEBIJAKAN FAKULTAS/JURUSAN FMIPA

Judul Penelitian : Pengembangan Instrumen Penilaian Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (HOTS)

Bidang Fokus Penelitian : Sosial Humaniora-Seni Budaya-Pendidikan

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. Titin Sunarti, M.Si.
b. NIDN : 0027116303
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : S1 Pendidikan Fisika
e. Nomor HP : 081331087157
f. Alamat surel (e-mail) : titinsunarti@unesa.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.
b. NIDN : 0002047103
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Anggota Peneliti (2)

a. Nama Lengkap : Abu Zainuddin, S.Pd., M.Pd.
b. NIDN : 0017088002
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Anggota Peneliti (3)

a. Nama Lengkap : Mukhayyarotin N.R.J., S.Pd., M.Pd.
b. NIDN : 0020058701
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Lama Penelitian Keseluruhan : 1 tahun

Usulan Penelitian Tahun ke- : 1

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 20.000.000,00 (Dua puluh juta rupiah)

Biaya Penelitian :

- Diusulkan ke LPPM UNESA : Rp 20.000.000,00 (Dua puluh juta rupiah)

- Dana institusi mitra : Rp -

-

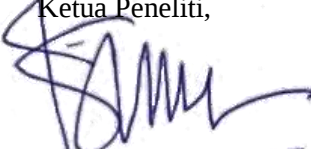
Surabaya, 28 Nopember 2021

Mengetahui,
Dekan Fakultas MIPA



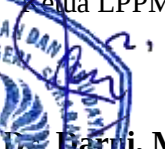
(Prof. Dr. Madlazim, M.Si.)
NIP 196511051991031012

Ketua Peneliti,



(Dr. Titin Sunarti, M.Si.)
NIP 196311271987032001

Menyetujui,
Ketua LPPM



Prof. Dr. Barni, M.Hum.
NIP 195509261990022001



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
RINGKASAN.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	22
BAB IV METODE PENELITIAN.....	23
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	44

RINGKASAN

Perkembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi merupakan tujuan penting dalam dunia pendidikan dewasa ini. Keterampilan berpikir tingkat tinggi mencakup dua hal, pertama: proses mental tinggi misalnya menganalisis, mengevaluasi, melakukan inferensi, dan mengambil keputusan; kedua: konteks pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Keterampilan berpikir tingkat tinggi menjadi tuntutan di era globalisasi. Di era tersebut ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang sangat cepat, dengan peran yang makin luas. Untuk bisa beradaptasi harus maka memiliki keterampilan berpikir kreatif (*creative thinking*), berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), berkomunikasi (*communication*), dan berkolaborasi (*collaboration*) atau yang biasa disebut dengan 4C. Instrumen penilaian untuk mengukur keterampilan-keterampilan berpikir tingkat tinggi sangat perlu dikembangkan. Mengingat pentingnya model instrumen yang akan digunakan mahasiswa, penelitian ini bertujuan mengembangkan instrumen penilaian HOTS yang meliputi keterampilan pemecahan masalah, keterampilan berpikir kritis, keterampilan kreatif. Untuk mengetahui kelayakan instrumen yang dikembangkan, akan ditinjau dari validitas teoritis dan validitas empiris. Dalam penelitian ini ditinjau dari validitas teoritis, sebagai validatornya adalah dua pakar pendidikan fisika. Penelitian ini menggunakan desain penelitian pengembangan Borg and Gall yang disampaikan oleh Sugiyono. Validitas teoritis Instrumen penilaian HOTS ditentukan dari penilaian oleh validator untuk mengetahui validitas konstruk dan validitas isi. kriteria dikatakan layak jika persentase objek yang divalidasi memiliki persentase $\geq 61\%$. Selanjutnya instrumen yang sudah layak digunakan untuk mengukur kemampuan HOTS mahasiswa Jurusan Fisika sehingga didapatkan validitas empiris dan profil kemampuan HOTS Mahasiswa Jurusan Fisika, yang akan dilakukan untuk penelitian berikutnya.

Hasil pengembangan instrument penilaian adalah lima butir soal untuk penilaian kemampuan pemecahan masalah, lima butir soal untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan empat butir soal untuk mengukur dimensi kreativitas. Sebelum proses pengembangan instrumen, dilakukan analisis kebutuhan terlebih dahulu. Setelah itu, disusun teori konseptual dan kisi-kisi penilaian HOTS. Instrumen penilaian yang disusun meliputi Keterampilan Berpikir Kritis (*Critical Thinking*), Keterampilan Berpikir Kreatif (*creativity*), Selanjutnya, berdasarkan kisi-kisi tersebut disusun item-item soal untuk masing-masing keterampilan berpikir. Kemudian divalidasi oleh ahli materi, dan ahli asesmen. Selanjutnya dilakukan revisi sesuai masukan yang telah diberikan oleh penelaah dan validator. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lembar Telaah Instrumen Tes, Lembar Validasi Instrumen Tes. Analisis data dilakukan melalui analisis hasil telaah dan validasi menggunakan skala Likert, Data yang diperoleh dianalisis dengan rata-rata skor tiap aspek, dikatakan valid bila mendapatkan skor rata-rata $P \geq 2,6$. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata skor yang diperoleh berturut-turut 4,36; 4,31; 4,33 Target dan Luaran Penelitian ini adalah produk instrument penilaian HOTS dan artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam Seminar Internasional MISEIC dan sedang proses dipublikasi oleh penerbit IOP. serta dalam proses pengajuan Hak kekayaan Intelektual (HAKI)

Kata kunci: Instrumen Penilaian, Keterampilan berpikir Tingkat Tinggi

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang dan Permasalahan

Perkembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi merupakan tujuan penting dalam dunia pendidikan dewasa ini [1]. Keterampilan berpikir tingkat tinggi mencakup dua hal, pertama: proses mental tinggi misalnya menganalisis, mengevaluasi, melakukan inferensi, dan mengambil keputusan; kedua: konteks pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Keterampilan berpikir tingkat tinggi menjadi tuntutan di era globalisasi [2]. Di era tersebut ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang sangat cepat, dengan peran yang makin luas. Untuk bisa beradaptasi harus maka memiliki keterampilan berpikir kreatif (*creative thinking*), berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), berkomunikasi (*communication*), dan berkolaborasi (*collaboration*) atau yang biasa disebut dengan 4C [3]. Demikian juga kemampuan literasi sains mempunyai peranan yang sangat penting untuk bisa mengaitkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tersebut dengan fenomena atau peristiwa yang terjadi dalam kehidupan nyata di sekitarnya [4].

Kemampuan berpikir tingkat tinggi (*High Order Thinking Skill – HOTS*) merupakan proses berpikir yang tidak sekedar menghafal dan menyampaikan kembali informasi yang diketahui. Kemampuan berpikir tingkat tinggi merupakan kemampuan menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasi pengetahuan serta pengalaman yang sudah dimiliki untuk berpikir secara kritis dan kreatif dalam upaya menentukan keputusan dan memecahkan masalah pada situasi baru [5]. Secara umum, terdapat beberapa aspek yang menunjukkan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dimiliki oleh seseorang yaitu kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, serta memecahkan masalah.

Berpikir kritis adalah sebuah proses terorganisasi yang memungkinkan siswa mengevaluasi bukti, asumsi, logika, dan bahasa yang mendasari pemikiran orang lain [6]. Kemampuan berpikir kreatif yang disarikan dari *Thomas, Thorne and Small* dari *Center for Development and Learning* (2000) menyatakan bahwa berpikir kreatif meliputi mengkreasikan, menemukan, berimajinasi, menduga, mendesain, mengajukan alternatif, menciptakan dan menghasilkan sesuatu. Membentuk ide yang kreatif berarti muncul dengan sesuatu yang tidak biasa, baru, atau memunculkan solusi atas suatu masalah. Kemampuan seseorang untuk berpikir kreatif dapat ditunjukkan melalui beberapa indikator, misalnya

mampu mengusulkan ide baru, mengajukan pertanyaan, berani bereksperimen dan merencanakan strategi [7]

Berpikir kritis dan kreatif digunakan dalam upaya memecahkan masalah (*problem solving*). Pemecahan masalah yaitu menggunakan (yaitu mentransfer) pengetahuan dan keterampilan yang sudah ada untuk menjawab pertanyaan yang belum terjawab atau situasi yang sulit [8]. Kemampuan memecahkan masalah merupakan sesuatu yang sangat penting karena masalah selalu ada dalam kehidupan manusia. Kemampuan untuk memecahkan masalah yang dimiliki seseorang dapat ditunjukkan melalui beberapa indikator, misalnya mampu mengidentifikasi masalah, memiliki rasa ingin tahu, bekerja secara teliti dan mampu mengevaluasi keputusan. Kemampuan berpikir tingkat tinggi baik itu kemampuan berpikir kritis, kreatif serta kemampuan pemecahan masalah yang dimiliki oleh seseorang tidak dapat dimiliki secara langsung melainkan diperoleh melalui latihan [9].

Kemampuan berpikir tingkat tinggi akan menjawab tuntutan perkembangan teknologi dan perubahan zaman yang ditandai dengan fenomena-fenomena sebagai berikut: (1) Kondisi otomatisasi teknologi (*computerized*) melalui internet, big data dan cloud data, mengubah pola hidup dan kebutuhan manusia. Berbagai permasalahan baru dan tidak biasa bermunculan dan butuh penyelesaian. (2) Media informasi dan teknologi tersedia dan bebas diakses, informasi dan pengetahuan melimpah ruah tidak terkendali, memunculkan banyak masalah disamping kemanfaatannya. (3) Dunia industri dan ketenagakerjaan membutuhkan SDM yang unggul, kritis, komunikatif, kolaboratif, dan cerdas dalam memecahkan masalah. (4) Setiap orang dituntut segera beradaptasi, belajar mencari informasi dan menguasai informasi dan teknologi secara mandiri, mengambil keputusan secara cepat, menerapkan pengetahuan dan teknologi secara cepat dan tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi [20,21]

Lembaga pendidikan harus bijak mengantisipasi kondisi dan kebutuhan masyarakat saat ini dan masa depan. Namun hanya pribadi yang bijak, kritis, adaptif, kreatif, mandiri yang akan mampu memanfaatkan kondisi untuk berhasil menyelesaikan semua permasalahan hidup yang dihadapinya. Pembekalan keterampilan hidup/berpikir seperti itu yang mestinya dibutuhkan setiap orang dari masa ke masa untuk bisa survive di berbagai perubahan jaman [22].

Abad kedua puluh satu memiliki potensi besar untuk menegaskan kembali peran pendidikan dengan tujuan untuk membekali pelajar muda dan tua untuk mengatasi masalah sosial, ekonomi dan lingkungan yang kompleks. Transformasi dari pembelajaran yang dipimpin guru menjadi pembelajaran mandiri menjadi pembelajaran yang ditentukan sendiri

akan memberikan peserta didik berbagai kompetensi dan keterampilan yang dibutuhkan untuk berhasil dalam masyarakat global modern [23]

Pengembangan instrumen evaluasi dalam bidang fisika telah dilakukan dan dikembangkan oleh berbagai pihak, contohnya pengembangan seperti yang dikelola oleh website PhysPort yang mendukung pembelajaran fisika dengan sumber-sumber berbasis risetnya. Selain instrumen yang mengukur pemahaman konsep fisika, tersedia pula instrumen yang mengukur penalaran, pemecahan masalah, metakognitif, berpikir kritis dalam kegiatan laboratorium, maupun sikap terhadap sains sesuai dengan jenjang pendidikan yang diperlukan. Khusus untuk keterampilan pemecahan masalah hanya tersedia rubrik keterampilan yang sudah memenuhi standarisasi, sementara instrumen standarnya belum tersedia. Sumber informasi yang tersedia ini bisa digunakan sebagai acuan untuk memperoleh/ mendapatkan/ mengembangkan instrumen keterampilan berpikir yang standar.

Instrumen penilaian berupa tes tertulis selain digunakan untuk mengetahui profil kemampuan siswa, juga dapat digunakan sebagai sarana melatih kemampuan siswa untuk berpikir pada tingkat yang lebih tinggi. Soal-soal yang digunakan sebagai latihan tersebut dapat berisi pertanyaan yang menguji siswa dalam hal pemecahan masalah, berpikir kritis serta berpikir kreatif. Agar dapat menjawab pertanyaan tersebut, diperlukan penalaran tingkat tinggi yaitu cara berpikir logis yang tinggi. Berpikir logis yang tinggi sangat diperlukan oleh siswa dalam proses pembelajaran di kelas, khususnya dalam menjawab pertanyaan karena siswa perlu menggunakan pengetahuan, pemahaman, dan keterampilan yang dimilikinya dan menghubungkannya dalam situasi baru.

Tes merupakan salah satu alat untuk melakukan pengukuran, yaitu alat untuk mengumpulkan informasi karakteristik suatu objek. Objek ini bisa berupa kemampuan peserta didik, sikap, minat, maupun motivasi [10] Agar dapat menghasilkan instrumen tes yang baik, terdapat beberapa tahap yang harus dilalui. Terdapat sembilan langkah yang perlu ditempuh dalam mengembangkan tes hasil atau prestasi belajar, yaitu menyusun spesifikasi tes, menulis soal tes, menelaah soal tes, melakukan ujicoba tes, menganalisis butir soal, memperbaiki tes, merakit tes, melaksanakan tes, dan menafsirkan hasil tes [11]. Instrumen tes yang baik dapat meningkatkan kualitas hasil penilaian yaitu profil kemampuan mahasiswa

Berdasarkan hal-hal tersebut, masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan instrumen tes keterampilan berpikir tingkat tinggi untuk mahasiswa Jurusan Fisika. Instrumen yang akan dikembangkan meliputi instrument tes untuk mengukur

keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, dan keterampilan penyelesaian masalah.

B. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini secara umum yaitu untuk mengembangkan dan menguji kelayakan *Intrumen tes HOTS* yaitu keterampilan berpikir kritis, kemampuan kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah. sehingga dapat menghasilkan *Inytrumen* yang valid, praktis, dan efektif digunakan dalam penilaian. Sedangkan intrumen keterampilan berpikir tingkat tinggi yang akan dikembangkan adalah :

1. Intrumen Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis
2. Instrumen Penilaian kemampuan kreativitas
3. Instrumen Penilaian Keterampilan Pemecahan masalah

C. Urgensi Penelitian

Urgensi penelitian ini adalah dengan perlunya meningkatkan kecakapan abad 21 bagi siswa dan mahasiswa dalam pembelajaran maka perlu dikembangkan instrumen yang layak yang memenuhi syarat validitas dan reliabilitas yang digunakan untuk melakukan penilaian pada siswa dan mahasiswa. . Tersusunnya instrument yang standar tersebut dapat digunakan untuk mahasiswa dalam mengembangkan instrument yang serupa untuk peserta didik

D. Luaran dan Target Capaian

Adapun luaran dan target capaian penelitian ini disajikan dalam tabel berikut:

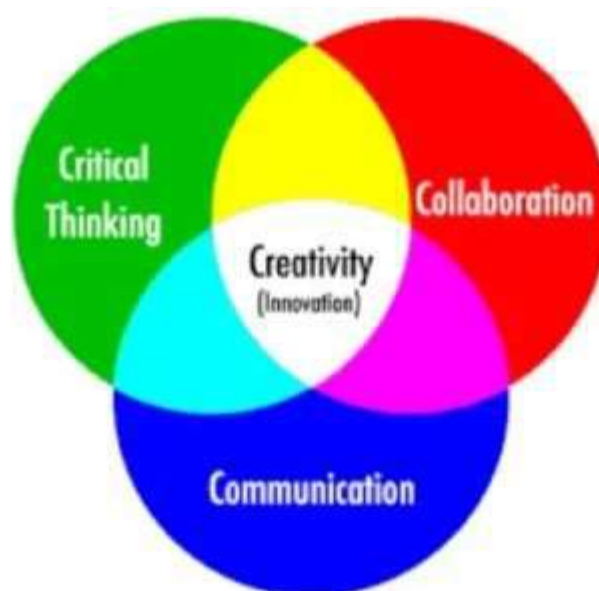
No.	Jenis Luaran (Indikator Capaian)		Indikator Capaian
			(TS2019)
1.	Publikasi Ilmiah	Internasional	Tidak ada
		Nasional Terakreditasi	Tidak ada
2.	Pemakalah dalam temu ilmiah	Seminar International	Terlaksana (Accepted)
		Nasional	Tidak ada
3.	Invited speaker dalam temu	Internasional	Tidak ada
4.	Visiting lecturer	Internasional	Tidak ada
5.	Hak Kekayaan Intelektual (HAKI)	Paten	Tidak ada
		Paten sederhana	Tidak ada
		Hak cipta	Terdaftar
		Merk dagang	Tidak ada
		Desain produk industri	Tidak ada
		Indikasi geografis	Tidak ada
		Perlindungan varietas	Tidak ada
		Perlindungan topografi Sirkuit terpadu	Tidak ada
6.	Teknologi tepat guna		Tidak ada
7.	Model/purwarupa/desain karya seni/rekayasa sosial		Tidak ada
8.	Buku Ajar Mahasiswa		Tidak ada
9.	Tingkat kesiapan teknologi (TKT)		3

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Keterampilan Abad 21

Beberapa kompetensi penting yang dibutuhkan pada abad ke-21 yaitu 4C meliputi: (1) *critical thinking* (kemampuan berpikir kritis) bertujuan agar siswa dapat memecahkan berbagai permasalahan kontekstual menggunakan logika-logika yang kritis dan rasional; (2) *creativity* (kreativitas) mendorong siswa untuk kreatif menemukan beragam solusi, merancang strategi baru, atau menemukan cara-cara yang tidak lazim digunakan sebelumnya; (3) *collaboration* (kerjasama) memfasilitasi siswa untuk memiliki kemampuan bekerja dalam tim, toleran, memahami perbedaan, mampu untuk hidup bersama untuk mencapai suatu tujuan; dan (4) *communication* (kemampuan berkomunikasi) memfasilitasi siswa untuk mampu berkomunikasi secara luas, kemampuan menangkap gagasan/informasi, kemampuan menginterpretasikan suatu informasi, dan kemampuan berargumen dalam arti luas [14], sebagaimana disajikan pada Gambar 2.1.



*Kenali 4 C, Empat Keterampilan Abad 21 yang
Harus Dimiliki Peserta Didik*

Gambar 2.1. Keterampilan Abad 21

B. Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi

HOTS atau *Higher Order Thinking Skills* adalah keterampilan berpikir tingkat tinggi. Penilaian HOTS tidak dapat dipisahkan dengan pembelajaran HOTS. Tugas guru bukan hanya melakukan penilaian HOTS, melainkan juga harus mampu melaksanakan pembelajaran yang

dapat melatih siswa untuk memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan ketrampilan berpikir tingkat tinggi yang lebih efektif. Prinsip umum untuk menilai berpikir tingkat tinggi adalah sebagai berikut.

1. Menentukan secara tepat dan jelas apa yang akan dinilai.
2. Merencanakan tugas yang menuntut siswa untuk menunjukkan pengetahuan atau keterampilan yang dimiliki.
3. Menentukan langkah apa yang akan diambil sebagai bukti peningkatan pengetahuan dan kecakapan siswa yang telah ditunjukkan dalam proses pembelajaran.

Penilaian berpikir tingkat tinggi meliputi 3 prinsip:

1. Menyajikan stimulus bagi siswa untuk dipikirkan, biasanya dalam bentuk pengantar teks, ilustrasi gambar visual, skenario, wacana, atau masalah (kasus).
2. Menggunakan permasalahan baru bagi siswa, belum dibahas di kelas, dan bukan pertanyaan hanya untuk proses mengingat.
3. Membedakan antara tingkat kesulitan soal (mudah, sedang, atau sukit) dengan level kognitif (tingkatan berpikir).

Soal-soal *HOTS* merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir tingkat tinggi, yaitu keterampilan berpikir yang tidak sekadar mengingat (*remembering*), memahami (*understanding*), atau menerapkan (*applying*). Soal-soal *HOTS* pada konteks asesmen mengukur keterampilan 1) transfer satu konsep ke konsep lainnya, 2) memproses dan mengintegrasikan informasi, 3) mencari kaitan dari berbagai informasi yang berbeda-beda, 4) menggunakan informasi untuk menyelesaikan masalah (*problem solving*), dan 5) menelaah ide dan informasi secara kritis. Dengan demikian soal-soal *HOTS* menguji ketrampilan berpikir menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta.

Dimensi proses berpikir dalam Taksonomi Bloom sebagaimana yang telah disempurnakan oleh Anderson & Krathwohl [16], terdiri atas kemampuan: mengingat (*remembering-C1*), memahami (*understanding-C2*), menerapkan (*applying-C3*), menganalisis (*analyzing-C4*), mengevaluasi (*evaluating-C5*), dan mencipta (*creating-C6*) [. Soal-soal *HOTS* pada umumnya mengukur kemampuan pada ranah menganalisis (*analyzing-C4*), mengevaluasi (*evaluating-C5*), dan mencipta (*creating-C6*). Kata kerja operasional (KKO) yang ada pada pengelompokkan Taksonomi Bloom menggambarkan proses berpikir, bukanlah kata kerja pada soal. Ketiga kemampuan berpikir tinggi ini (*analyzing, evaluating, dan creating*) menjadi penting dalam menyelesaikan masalah, transfer pembelajaran (*transfer of learning*) dan kreativitas.

C. Keterampilan Berpikir kritis

1. Definisi Berpikir

Menurut Arends (2013) berpikir merupakan aktivitas yang mengaitkan operasi-operasi manual, seperti induksi, deduksi, klasifikasi, dan penalaran. Berpikir merupakan visualisasi objek dan fenomena kehidupan menggunakan visualisasi simbolis untuk menemukan prinsip-prinsip dasar. Secara umum berpikir menggunakan prinsip kesadaran dan penilaian secara subjektif individu terhadap pengembangan intelektual. Suatu keadaan mental yang dapat dipresepsikan dan interpretasi merupakan sifat dari berpikir dan sangat bergantung pada konteks kebutuhan yang dinamis dan variatif. Hasil dari berpikir dapat berupa bentuk seperti ide, gagasan, penemuan, dan pemecahan masalah, kemudian diwujudkan dalam praktik nyata untuk mewujudkan penemuan tersebut dan mencapai tujuan ilmu tersebut. Tujuan pengembangan berpikir untuk: (a) mampu memilah antara kenyataan dengan fana; (b) mengeksplor suatu kenyataan berlandaskan hukum-hukum yang berlaku; (c) mengevaluasi beberapa kenyataan yang berguna dalam bidang keilmuan; dan (d) menentukan kenyataan yang sesungguhnya dibalik sesuatu yang tampak (Surya, 2015).

2. Berpikir Kritis

Pada abad ke-21, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi meningkat sesuai kebutuhan era revolusi industri 4.0 sehingga ketika membutuhkan informasi akan cepat menemukan informasinya. Namun, setiap informasi harus dipilah dan dianalisa sehingga membutuhkan suatu kemampuan yang reliabel yaitu kemampuan berpikir kritis (Hidayanti et al., 2016). Kualifikasi keterampilan abad ke-21 terdiri dari kemampuan berpikir, kemampuan bertindak, dan kemampuan hidup diharapkan dapat dicapai oleh peserta didik (Marwan et al., 2020). Pembelajaran yang dibutuhkan untuk mencapai kemampuan tersebut yaitu pembelajaran kontekstual yang menuntut siswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan komunikatif. (Kivunja, 2015).

Berpikir kritis merupakan suatu keterampilan pemecahan masalah dengan mengobservasi dan mengkomunikasikan solusi alternatif dari berbagai sudut pandang untuk memperoleh informasi maupun argumentasi (Fatimah et al., 2017). Berpikir kritis juga merupakan proses seleksi pilihan penyelesaian masalah dengan menganalisis sehingga dapat ditarik kesimpulan (Kurniawati & Diantoro, 2014). Berpikir kritis dapat membantu menguatkan argumen berdasarkan penilaian dan pengukuran informasi bukti yang ada (Keynes, 2020). Menurut

Facione dalam Fithriyah (2016) peserta didik berpikir kritis tinggi jika mampu menginterpretasikan suatu permasalahan, menganalisa informasi, mengevaluasi informasi sehingga menghasilkan solusi alternatif penyelesaian masalah, menginterferensi data dan informasi sehingga dapat ditarik kesimpulan, dan mengeksplanasi solusi penyelesaian masalah. Menurut Ennis dalam Mas'ula (2020), peserta didik berpikir kritis tinggi memenuhi lima aspek yaitu menjelaskan secara sederhana, menentukan pengambilan dasar keputusan, menarik kesimpulan, klarifikasi secara lanjut, dan memprediksi serta menggabungkan informasi.

Menurut Ennis (2011), berpikir kritis merupakan kemampuan berpikir reflektif dan beralasan dengan memfokuskan informasi yang terpercaya. Secara keseluruhan berpikir kritis melibatkan penalaran peserta didik yang melibatkan melibatkan operasional mental seperti deduksi induksi, klasifikasi, evaluasi, dan penalaran sehingga kemampuan berpikir kritis penting bagi peserta didik agar pembelajaran tersebut bermakna.

Menurut Surya (2015), faktor penting untuk menunjang kemampuan berpikir kritis yaitu disposisi dan kecakapan. Disposisi merujuk pada ciri afektif dan disposisional oleh peserta didik guna melaksanakan tugas berpikir, sedangkan kecakapan menunjuk pada aspek keterampilan kognitif yang dibutuhkan untuk berpikir secara kritis, misalnya tindakan dalam memutuskan, mempertimbangkan dan menganalisis.

3. Indikator Berpikir Kritis

Terdapat beberapa pendapat mengenai indikator keterampilan berpikir kritis. Berikut indikatornya:

a. Taksonomi Bloom

Indikator kemampuan kognitif menurut taksonomi bloom, setiap level terdiri dari beberapa indikator yaitu indikator level C1 adalah menyebutkan, menjelaskan, dan menandai, level C2 yaitu menjelaskan, mencirikan, dan mengkategorikan, level C3 yaitu menghitung, mengurutkan, dan menggambar, level C4 yaitu menganalisis, memecahkan, dan menyimpulkan, level C5 yaitu mengevaluasi dan menyimpulkan, yang terakhir level C6 yaitu membangun, merancang, dan mengoreksi (Krathwoll, 2002). Berikut indikator keterampilan berpikir kritis menurut taksonomi bloom:

1. Analisis merupakan kemampuan seseorang dalam mengaitkan berbagai informasi menjadi informasi yang kompleks kemudian merincikan setiap bagian informasi sehingga struktur penyelesaian masalah secara keseluruhan mudah dipahami.
2. Sintesis disebut kemampuan membentuk sebuah pola baru dengan menghubungkan satu

informasi ke informasi lainnya dengan merencanakan penyusunan suatu program kerja. Kemampuan peserta didik dalam mengenali informasi atau data yang harus diperoleh agar mendapatkan solusi yang diperlukan.

3. Evaluasi merupakan kemampuan dalam menentukan penilaian terhadap sesuatu dengan mempertanggungjawabkan pendapat berdasarkan suatu kriteria tertentu.

b. Indikator menurut Fisher (2008)

- 1) Identifikasi unsur-unsur dalam kasus beralasan
- 2) Identifikasi dan evaluasi beberapa asumsi
- 3) Interpretasi beberapa pernyataan dan ide
- 4) Seleksi informasi terutama kredibilitas, dan klaim-klaim
- 5) Evaluasi beberapa argumen
- 6) Analisis, evaluasi, dan hasil penjelasan informasi
- 7) Membuat keputusan-keputusan
- 8) Menarik kesimpulan
- 9) Menghasilkan argumen-argumen.

c. Indikator menurut Karim (2015:95) yang mengacu pada Facione, terdapat 4 indikator kemampuan berpikir kritis, di antaranya:

- 1) Interpretasi, yang merupakan pemahaman penyelesaian masalah dengan menuliskan diketahui dan ditanyakan dengan tepat.
- 2) Analisis yang meliputi identifikasi hubungan antara beragam pernyataan dengan konsep-konsep pada soal melalui permodelan persamaan matematika atau mengilustrasikan gambar dengan memberi penjelasan secara tepat dan lengkap.
- 3) Evaluasi yang meliputi strategi yang tepat dalam menyelesaikan soal, lengkap dan benar dalam melakukan perhitungan.
- 4) Inferensi yaitu menarik kesimpulan secara tepat dan akurat sesuai dengan interpretasi.

d. Indikator menurut Kuswana (2012:198), terdapat indikator kemampuan berpikir kritis, di antaranya:

- 1) Identifikasi fokus permasalahan
- 2) Analisis argumentasi

- 3) Tanya jawab pertanyaan
- 4) identifikasi keputusan
- 5) Membuat dan menilai laporan observasi
- 6) Menarik kesimpulan dan menilai keputusan
- 7) Mempertimbangkan alasan tanpa mengabaikan ketidakpastian dan keraguan
- 8) Menggabungkan kemampuan, membuat dan mempertahankan keputusan.

e. Indikator berpikir kritis menurut Ennis (dalam Kartimi, 2013) ada 5 tahap berpikir dengan masing-masing indikatornya.

Indikator keterampilan berpikir kritis	Sub indikator Keterampilan berpikir kritis	Penjelasan
Memberi penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Memusatkan pertanyaan	1. Mengidentifikasi atau merumuskan permasalahan 2. Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk mempertimbangkan kemungkinan jawaban 3. Menjaga kondisi berpikir
	Menganalisis argument	1. Mengidentifikasi kesimpulan. 2. Mengidentifikasi kalimat-kalimat pernyataan. 3. Mengidentifikasi kalimat-kalimat bukan pernyataan. 4. Mengidentifikasi dan menangani ketidaktepatan. 5. Melihat struktur dari suatu argumen. 6. Membuat ringkasan
	Bertanya dan menjawab pertanyaan	1. Memberi penjelasan sederhana 2. Menyebutkan contoh
Membangun keterampilan dasar	Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak	1. Mempertimbangkan keahlian. 2. Mempertimbangkan kemenarikan konflik. 3. Mempertimbangkan kesesuaian sumber. 4. Mempertimbangkan reputasi.

Indikator keterampilan berpikir kritis	Sub indikator Keterampilan berpikir kritis	Penjelasan
		5. Mempertimbangkan penggunaan prosedur yang tepat. 6. Mempertimbangkan resiko untuk reputasi. 7. Kemampuan untuk memberikan alasan. 8. Kebiasaan berhati-hati.
	Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi	1. Melibatkan sedikit dugaan. 2. Menggunakan waktu yang singkat antara observasi dan laporan. 3. Melaporkan hasil observasi. 4. Merekam hasil observasi. 5. Menggunakan bukti-bukti yang benar. 6. Menggunakan akses yang baik. 7. Menggunakan teknologi. 8. Mempertanggung jawab kan hasil observasi.
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi	1. Siklus logika Euler 2. Mengkondisikan logika 3. Menyatakan tafsiran
	Menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi	1. Mengemukakan hal yang umum 2. Mengemukakan kesimpulan dan hipotesis 3. mengemukakan hipotesis 4. merancang eksperimen 5. menarik kesimpulan sesuai fakta 6. menarik kesimpulan dari hasil menyelidiki
	Membuat dan menentukan hasil pertimbangan	1. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan berdasarkan latar belakang fakta-fakta

Indikator keterampilan berpikir kritis	Sub indikator Keterampilan berpikir kritis	Penjelasan
		2. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan berdasarkan akibat 3. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan berdasarkan penerapan fakta 4. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan
Memberikan penjelasan lanjut (<i>advance clarification</i>)	Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi	1. Membuat bentuk definisi 2. Strategi membuat definisi 3. Membuat isi definisi
	Mengidentifikasi asumsi-asumsi	1. Penjelasan bukan pernyataan 2. Mengkontruksi argumen
Mengatur strategi dan taktik (<i>strategies and tactics</i>)	Menentukan suatu tindakan	1. Mengungkap masalah. 2. Memilih kriteria untuk mempertimbangkan solusi yang mungkin. 3. Merumuskan solusi alternatif. 4. Menentukan tindakan sementara. 5. Mengulang kembali. 6. Mengamati penerapannya.
	Berinteraksi dengan orang lain	1. Menggunakan argumen. 2. Menggunakan strategi logika. 3. Menggunakan strategi retorika. 4. Menunjukkan posisi, orasi, atau tulisan.

(Ennis dalam Kartimi, 2007)

f. Menurut Ibrahim (2007) kemampuan berpikir kritis dikelompokkan dalam enam aspek, yang dapat dilihat pada Tabel

No.	Keterampilan berpikir kritis	Sub Indikator
1.	Merumuskan masalah	- Merumuskan dalam bentuk pertanyaan yang memberi investigasi
2.	Memberikan argumen	- Argumen yang sesuai dengan kebutuhan - Menunjukkan perbedaan dan persamaan

No.	Keterampilan berpikir kritis	Sub Indikator
3.	Melakukan deduksi	- Mendeduksi secara logis - Menginterpretasi
4.	Melakukan induksi	- Menganalisis data - Membuat generalisasi - Menarik kesimpulan
5.	Evaluasi	- Mengevaluasi berdasarkan fakta - Memberi alternatif lain
6	Memutuskan dan melaksanakan	- Menentukan solusi - Memilih kemungkinan yang akan dilaksanakan

(Ibrahim, 2007)

Berdasarkan penelitian oleh Nuryanti, *et al.* (2018) menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik guru merancang dan mengembangkan perangkat pembelajaran yang lebih kreatif menggunakan indikator berpikir kritis pada setiap materi dengan melibatkan dalam pembelajaran sehingga dapat melatih kemampuan peserta didik untuk berpikir kritis melalui pembelajaran aktif dan bermakna. Pengembangan Instrumen untuk mengukur disesuaikan dengan indikator yang dipilih. Pada penelitian ini yang dikembangkan adalah instrument tes keterampilan berpikir kritis dengan indikator menurut Ennis yaitu : (1) Memberi penjelasan sederhana (*elementary clarification*); (2), Membangun keterampilan dasar; (3) Menyimpulkan (*inference*); (4) Memberikan penjelasan lanjut (*advance clarification*); (5) Mengatur strategi dan taktik (*strategies and tactics*).

D. Kemampuan Pemecahan Masalah

Pemecahan masalah sudah menjadi bagian dari kehidupan manusia. Bahkan semua kehidupan adalah pemecahan masalah (Popper, 1999). Dalam konteks sehari-hari maupun secara profesional, setiap orang selalu memecahkan masalah. Menemukan atau memecahkan yang tidak diketahui dalam situasi masalah kehidupan nyata tidak hanya memiliki beberapa nilai intelektual, tetapi juga nilai sosial atau budaya (Jonassen, 2000). Memecahkan masalah tidak hanya merupakan bagian integral dari kehidupan tetapi juga membantu orang untuk merasa berharga (Merrienboer, JJG. 2013). Keterampilan pemecahan masalah bukan hanya penting di sekolah dan untuk bekerja, tetapi juga untuk beradaptasi dengan lingkungan (Hwang, Wu, Chen, 2012). Karena itu praktik sains dan teknik NGSS (*Next Generation Science Standards*) bersama Asosiasi Guru Fisika Amerika (AAPT) mendorong pengembangan pemahaman konseptual yang mendalam melalui berbagai keterampilan pemecahan masalah kualitatif dan kuantitatif yang diterapkan dalam kegiatan pembelajaran inkuiri (Lucas, L. & Lewis, L. 2019). Bahkan secara eksplisit disebutkan bahwa pemecahan

masalah, pemikiran komputasi, dan analisis data merupakan keterampilan penting untuk mempelajari ide-ide berbagai disiplin ilmu.

Pemecahan masalah dalam dunia pendidikan dapat ditinjau dari 3 sudut pandang yang berbeda tetapi masih saling berkaitan, yaitu sebagai tujuan pendidikan, sebagai metode pendidikan, dan sebagai ketrampilan yang harus dikuasai peserta didik (Merrienboer, 2013). Melalui artikel berjudul "*Perspectives on Problem Solving and Instruction*" dijelaskan bahwa sebagai tujuan pendidikan, pemecahan masalah selalu mengacu pada penggunaan simultan dari metode yang kuat untuk aspek kinerja rutin dan metode berbasis pengetahuan untuk aspek kinerja non-rutin (misalnya, penalaran, pengambilan keputusan). Sebagai metode pendidikan, pemecahan masalah merupakan *rule model* yang bisa ditiru para peserta didik dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi. *Rule model* tersebut adalah bagaimana para ahli menggunakan pengetahuan mereka untuk mengidentifikasi langkah-langkah solusi yang menjanjikan, fase pemecahan masalah yang mereka lalui, dan aturan praktis yang mereka gunakan untuk mengatasi kebuntuan dan menyelesaikan setiap fase dengan sukses. Sebagai ketrampilan, pemecahan masalah menggambarkan pengembangan keahlian sebagai kemajuan melalui lima fase: pemula, kompetensi, kemahiran, keahlian, dan penguasaan (Dreyfus & Dreyfus, 1980). Sedangkan menurut teori ACT JR Anderson (1993) menggambarkan perolehan keterampilan kognitif yang kompleks sebagai kemajuan melalui tiga fase, yang menyerupai fase kognitif, fase asosiatif, dan fase otonom. Keterampilan ini (pemecahan masalah) mengacu pada perilaku ahli yang tercermin dalam model sistem daripada model fase, Dimana model sistem membedakan antara pemrosesan otomatis, yang cepat, tidak sadar, tidak fleksibel, dan intuitif karena menggunakan jalan pintas mental, dengan pemrosesan terkontrol, yang lambat, sadar, fleksibel, dan penuh usaha. Karena itu latihan harus ditujukan pada pengembangan aspek rutin dari perilaku pemecahan masalah serta pengembangan aspek non-rutin dari perilaku pemecahan masalah, seperti penalaran (yaitu, menggunakan pengetahuan domain untuk menyimpulkan solusi masalah tentatif) dan pengambilan keputusan secara sadar (yaitu, menggunakan strategi kognitif untuk mendekati masalah secara sistematis).

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan seseorang untuk menemukan solusi melalui suatu proses yang melibatkan pemerolehan dan pengorganisasian informasi (Sujarwanto, E. et al, 2014). Pemecahan masalah melibatkan pencarian cara yang layak untuk mencapai tujuan (Santrock, 2011). Menurut Chi dan Glaser (1985), kemampuan pemecahan masalah merupakan aktivitas kognitif kompleks yang di dalamnya termasuk mendapatkan informasi dan mengorganisasikannya dalam bentuk struktur pengetahuan. Pada bidang fisika, pemecahan masalah fisika berkenaan dengan konsep fisika dan penerapannya. Pemecahan masalah fisika merupakan keterampilan yang dapat memberikan pemahaman efektif dalam memeriksa dan menghubungkan berbagai ide dan konsep dalam berbagai situasi yang dihadapi dalam memecahkan masalah (Hedge, Meera, 2012).

Faktor yang mempengaruhi pemecahan masalah fisika adalah struktur pengetahuan yang dimiliki siswa yang memecahkan masalah dan karakter permasalahan (Chi & Glaser, 1985). Karakter permasalahan di antaranya ditunjukkan oleh format representasi soal yang disajikan (Chi & Glaser, 1985; De Cock, 2012). Perbedaan antara siswa yang memiliki kemampuan rendah (*novice*) dan tinggi (*expert*) dalam pemecahan masalah fisika adalah bagaimana siswa mengorganisasi dan menggunakan pengetahuan, serta menghubungkan satu

konsep dengan konsep yang lain ketika memecahkan masalah (Chi dkk., 1981; Singh, 2008a; Singh, 2008b; Mason & Singh, 2011; Shih & Singh, 2013). Siswa yang memiliki kemampuan tinggi dalam pemecahan masalah fisika cenderung menggunakan argumen kualitatif berdasarkan konsep fisika yang mendasari masalah (*deep feature*), mengevaluasi solusi, dan cenderung menggunakan alat bantu representasi. Hal sebaliknya, siswa yang memiliki kemampuan rendah dalam pemecahan masalah fisika cenderung mengenali masalah berdasarkan sajian masalah (*surface feature*), tidak melakukan evaluasi, dan cenderung menggunakan rumus dalam memecahkan masalah (Chi dkk., 1981; Mason & Singh, 2011; Savelsbergh dkk, 2011).

a. Tahapan Pemecahan Masalah

Sesuai dengan proses berpikir dalam memecahkan masalah, Heller dkk. (1991) mengajukan langkah pemecahan masalah dalam pembelajaran fisika melalui lima tahap, yaitu: 1) *Visualize the problem*: dilakukan visualisasi permasalahan dari kata-kata menjadi representasi visual, membuat daftar variabel yang diketahui dan tidak diketahui, dan identifikasi konsep dasar, 2) *Describe the problem in physics description*: representasi visual diubah menjadi deskripsi fisika dengan membuat diagram benda bebas dan memilih sistem koordinat, 3) *Plan the solution*: yaitu merencanakan solusi dengan cara mengubah deskripsi fisika menjadi representasi matematis, 4) *Execute the plan*: melaksanakan rencana dengan melakukan operasi matematis, dan 5) *Check and evaluate*: mengevaluasi solusi yang didapatkan dengan mengecek kelengkapan jawaban, tanda, satuan dan nilai.

Pemecahan masalah sering digambarkan sebagai prosedur langkah-bijaksana strategis: a) mendefinisikan masalah, yang memerlukan mengidentifikasi apa yang perlu dipecahkan, b) menganalisis masalah, yang memerlukan pengawasan dan penyelidikan masalah, c) mengumpulkan data yang sesuai, yang memerlukan pengumpulan data untuk membantu memecahkan masalah, d) memformulasikan solusi yang memungkinkan, yang memerlukan identifikasi berbagai solusi awal, mungkin, atau tentatif untuk masalah tersebut, e) mengevaluasi solusi yang mungkin, yang mencakup pertimbangan keuntungan dan kerugian dari setiap solusi, termasuk bagaimana, kapan, dan di mana untuk mencapai masing-masing, dan (f) memilih solusi terbaik dan menggeneralisasi hasil, yang memerlukan verifikasi hasil dan generalisasi mereka untuk kasus serupa lainnya (Harithy, 2000; Alshamali, M A. & Daher, W.M., 2015). Pendekatan langkah bijaksana ini bisa fleksibel, di mana pemecah masalah menggunakan urutan yang jauh lebih bervariasi dari prosedur ini.

Young dan Freedman (2012) mengajukan pemecahan masalah fisika dengan menggunakan metode I-SEE. Langkah-langkah pemecahan I-SEE yaitu: 1) *Identify*, mengidentifikasi konsep yang relevan, dimana peserta didik menggunakan kondisi yang dinyatakan dalam masalah untuk menentukan konsep fisika yang relevan dan mengidentifikasi variabel yang dicari, 2) *Set up* masalah, peserta didik menentukan persamaan yang sesuai untuk memecahkan masalah, membuat sketsa yang mendeskripsikan masalah, dan memilih sistem koordinat, 3) *Execute* solusi, peserta didik menggunakan persamaan, mensubstitusi nilai yang diketahui ke persamaan, dan melakukan operasi matematis untuk menemukan solusi, 4) *Evaluation* jawaban, peserta didik mengecek satuan dan mengecek kesesuaian dengan konsep.

Dalam mengembangkan instrumen ketrampilan pemecahan masalah fisika, Abdulfattah, A. & Supahar (2019) menjabarkan 5 tahapan pemecahan masalah fisika secara detil sebagai berikut.

1. Memahami Masalah

- Mengidentifikasi variabel yang diberikan dan menulis dengan unit
- Menentukan variabel yang diinginkan dan menulis dengan satuan
- Identifikasi berdasarkan konsep masalah
- Menulis ulang masalah dengan kalimat mereka
- Memvisualisasikan masalah (gambar, diagram, grafik, dll.)
- Membuat rencana untuk solusi (diagram alir, pernyataan, gambar, dll. Dapat digunakan)
- Memberi contoh kehidupan sehari-hari yang didasarkan pada konsep-konsep yang terlibat dalam masalah

2. Pemecahan Masalah

- Penulisan rumus dan persamaan yang dapat digunakan untuk pemecahannya
- Menetapkan, menulis dan menyortir persamaan yang akan mengarah pada penyelesaian dengan menggunakan rumus dan persamaan
- Menerapkan solusi
- Mengekspresikan solusi lain yang mungkin jika ada

3. Memeriksa Pemecahan Masalah

- Memeriksa hasil matematika menggunakan kalkulator
- Pemeriksaan silang variabel yang diinginkan dan diberikan
- Pemeriksaan ulang hasil masalah dan penjelasan unit yang masuk akal
- Menerapkan solusi lain yang mungkin dan memeriksa ulang hasilnya, jika ada
- Menjelaskan hubungan antar variabel (naik, turun, tidak ada perubahan, dll.)

4. Penetrasi Masalah

- Penulisan masalah lagi dengan mengubah lokasi variabel yang diinginkan dan diberikan dengan mempertimbangkan semua kemungkinan
- Menentukan variabel atau hasil apa yang dapat dicapai dengan menggunakan persamaan selain variabel yang diinginkan
- Menulis dan memecahkan masalah baru dengan menggunakan konsep dan prinsip yang terlibat dalam pemecahan masalah

5. Mentransfer Masalah

- Menjelaskan jenis masalah apa yang akan diselesaikan dalam kehidupan sehari-hari terkait dengan konsep dan prinsip masalah yang diselesaikan
- Menggambar ilustrasi produk yang disarankan yang dapat dibuat untuk masalah yang dinyatakan dan menjelaskan setiap bagian
- Membuat rencana pendirian produk ini
- Menyatakan konsep dan informasi tambahan atau hilang jika perlu untuk pemecahan masalah yang dinyatakan.

Tahapan atau langkah pemecahan masalah yang dipaparkan di atas sangat bergantung pada proses pemecahan dan karakteristik masalah yang dihadapi. Apabila dikaji secara mendalam pada seluruh tahapan pemecahan tersebut, secara umum di awal aktivitas adalah

menampilkan identifikasi masalah untuk mengenali secara rinci permasalahan yang ditemui, lalu mencoba membuat strategi memecahkan masalah, berusaha menerapkan strategi tersebut, dan langkah terakhir melakukan pemeriksaan atas kegiatan yang dilakukan dan capaian keberhasilan pemecahan masalah.

b. Indikator Pemecahan Masalah

Dalam penyusunan instrumen penilaian suatu kemampuan/keterampilan/kompetensi selalu diperlukan indikator untuk dapat mencapai kemampuan tersebut. Demikian pula dengan keterampilan pemecahan masalah ini. Berdasarkan langkah-langkah dan tahapan terinci pemecahan masalah di atas, secara garis besar tahapan pemecahan masalah fisika terdiri dari mengenali masalah, merencanakan strategi, menerapkan strategi, dan mengevaluasi solusi. Pada setiap tahapan tersebut, aktivitas dan perilaku pemecah masalah dapat dijadikan acuan sebagai indikator dari kemampuan pemecahan masalah yang dilakukan seperti disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tahapan dan Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika

Tahapan	Indikator
Mengenali masalah	• Identifikasi masalah berdasarkan konsep dasar (<i>deep feature</i>) • Membuat daftar besaran yang diketahui • Menentukan besaran yang ditanyakan
Merencanakan strategi	• Membuat diagram benda bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan • Menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah
Menerapkan strategi	• Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan • Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih
Mengevaluasi solusi	• Mengevaluasi kesesuaian dengan konsep • Mengevaluasi satuan

Agar memudahkan dalam melakukan analisis tahapan pemecahan masalah dan tipe pengenalan masalah pemecah masalah oleh pemecah masalah *expert* atau *native*, digunakan kode pengelompokan masalah sejak tahap awal yaitu dalam *surface* dan *deep feature* seperti tercantum pada Tabel 2.2.

Tabel .2.2 Pengkodean Kemampuan Pemecahan Masalah

Kode	Sub Kode
Mengenali masalah	• Pengelompokan masalah (berdasarkan <i>surface feature</i> atau <i>deep feature</i>) • Pengenalan besaran
Merencanakan strategi	• Representasi masalah dalam bentuk gambar • Representasi masalah dalam bentuk rumus/persamaan matematis

Menerapkan strategi	• Penggunaan operasi matematis • Kebenaran solusi
Mengevaluasi solusi	• Evaluasi terhadap konsep yang digunakan (berdasarkan konsep atau berdasarkan besaran yang diketahui) • Satuan

E. KREATIVITAS

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kreativitas adalah kemampuan untuk mencipta; daya cipta. Menurut Weisberg (2006), Kreativitas adalah apapun yang sebelumnya tidak dikenal pembuatnya atau baru. Weisberg (2006) mengemukakan kriteria kreativitas yang meliputi tiga dimensi, yakni: (1) Dimensi proses. Kreativitas merupakan semua hal yang dihasilkan dari sebuah proses. Proses ini kemudian dihubungkan dengan tahap-tahap berpikir kreatif; (2) Dimensi person. Kriteria kreativitas berdasarkan dimensi person ini identik dengan kepribadian kreatif atau sikap kreatif; dan (3) Dimensi produk atau hasil. Kriteria kreativitas berdasarkan dimensi produk seringkali disebut sebagai kriteria puncak.

Buku “*Encyclopedia of creativity*” memberikan dua definisi paling umum tentang kreativitas. Pertama, kreativitas melibatkan produksi sesuatu yang baru atau tidak biasa yang memiliki nilai di dunia. Kedua, konsepsi Guilford tentang berpikir divergen, kreativitas melibatkan produksi ide-ide baru dan tidak biasa, serta memikirkan solusi-solusi yang unik untuk menyelesaikan masalah. Kreativitas memiliki empat dimensi, yaitu kemampuan untuk menghasilkan sejumlah besar ide atau solusi masalah (*fluency*), jumlah kategori yang berbeda dari tanggapan yang relevan (*flexibility*), kemampuan untuk menghasilkan ide-ide baru dan asli (*originality*), dan memberikan tanggapan secara detail dan sistematis (*elaboration*) (Cohen & Ambrose, 1999). Liu & Lin, 2013 dan Torrance, 2013 mendeskripsikan kreativitas sebagai proses kreatif, pribadi kreatif, produk kreatif, dan lingkungan kreatif.

1. Proses Kreatif

Kreativitas merupakan proses kepekaan terhadap masalah, mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, menguji hipotesis, kemungkinan memodifikasi dan menguji ulang hipotesis, dan mengkomunikasikan hasilnya (Torrance, 2013). Mahasiswa berusaha terlibat di setiap tahap kreativitas ketika merasakan beberapa kekurangan atau ketidaksesuaian, ketegangan atau rangsangan. Kebiasaan untuk menghindari solusi yang biasa dengan menyelidiki, mendiagnosis, memanipulasi, membuat dugaan dan menguji dugaan, melakukan modifikasi dan menguji ulang sampai menemukan solusi yang diinginkan. Kreativitas adalah proses penempatan elemen secara bersama-sama untuk membentuk satu kesatuan yang

koheren atau fungsional, yaitu reorganisasi elemen ke dalam pola/struktur baru (Krathwohl, 2002). Berdasarkan penjelasan di atas, proses kreatif dilaksanakan dalam tiga tahapan, yaitu: (1) representasi masalah, mahasiswa mencoba memahami masalah dan menghasilkan solusi yang mungkin, (2) perencanaan solusi, mahasiswa berusaha meneliti kemungkinan dan merencanakan suatu rencana yang bisa diterapkan, dan (3) pelaksanaan solusi, mahasiswa berusaha melaksanakan rencana untuk menemukan solusi yang diharapkan.

2. Pribadi Kreatif

Kreativitas berkembang dalam diri individu dalam bentuk sikap, kebiasaan, dan tindakan untuk menghasilkan sesuatu yang baru dan asli dalam memecahkan suatu masalah (Torrance, 2013). Pribadi kreatif memiliki kemampuan untuk menerima perubahan dan kebaruan, kemauan bermain dengan ide-ide dan peluang, memiliki pandangan fleksibel, dan berusaha menyelesaikan masalah (Sudarma, 2012). Beberapa karakteristik pribadi kreatif di antaranya bersedia mengidentifikasi masalah, mempertanyakan dan menganalisis asumsi, berusaha menyampaikan ide-ide kreatif, kesediaan mengatasi hambatan, kemauan mengambil risiko secara logis, menerima perbedaan, memiliki keyakinan diri, dan tidak cepat merasa puas (Stenberg, 2009). Berdasarkan penjelasan di atas, pribadi kreatif menjadikan mahasiswa bertanggung jawab untuk menjadi lebih kreatif dan berusaha sukses dalam belajarnya.

3. Produk Kreatif

Kreativitas merupakan kemampuan untuk memproduksi ide-ide baru dan berguna dalam menyelesaikan masalah (Moreno, 2010; Santrock, 2009; Stenberg, 2009). Produk kreatif termasuk hasil berpikir kreatif yang dilihat sebagai sesuatu yang baru (Nur, 2014). Produk kreatif tidak harus berupa sebuah benda, tetapi bisa berupa ide atau karya tulis, tidak harus baru tetapi bisa hasil penggabungan, pengubahan, atau penambahan ide-ide yang ada (Sudarma, 2012). Berdasarkan penjelasan di atas, produk kreatif mahasiswa dapat berupa sebuah benda atau ide-ide baru dan berguna dalam menyelesaikan masalah.

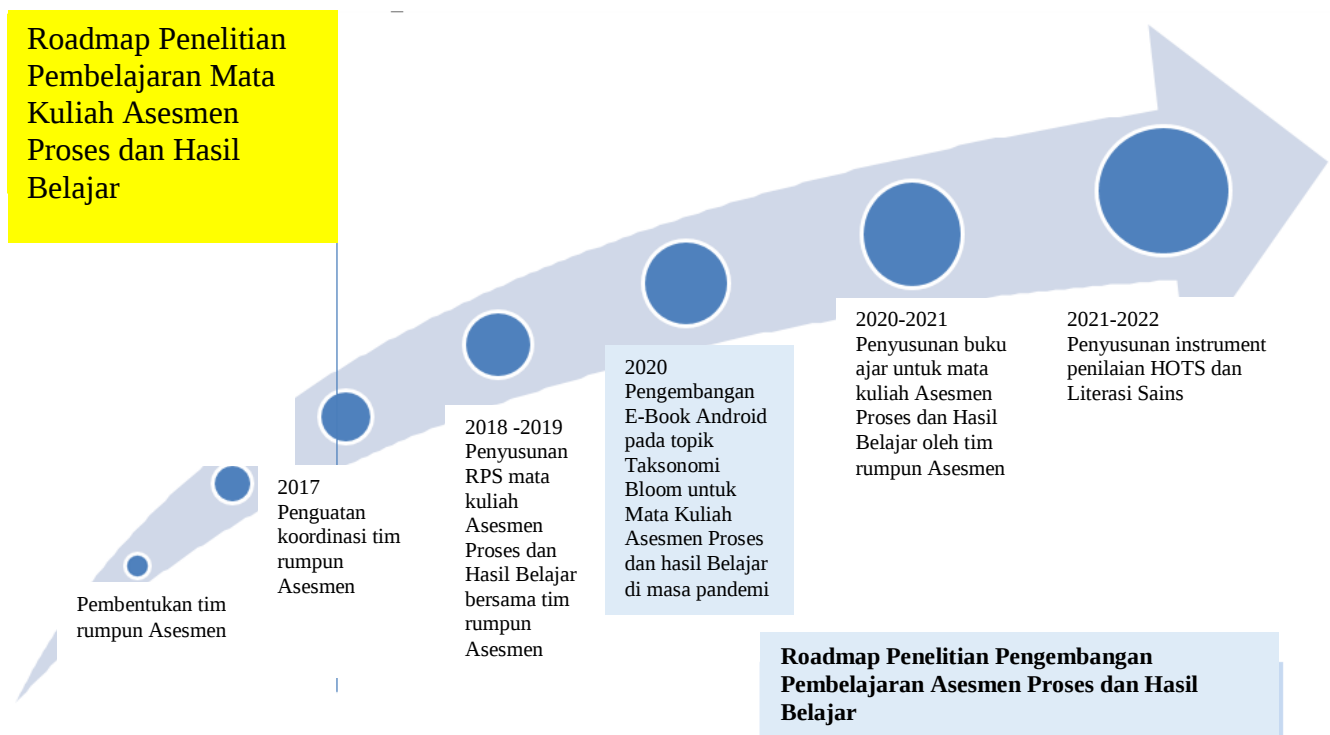
4. Lingkungan Kreatif

Lingkungan kreatif dapat mendorong pengembangan potensi diri seseorang untuk menggerakkan perilaku kreatif (Nur, 2014). Moreno (2010) menjelaskan lingkungan yang mendukung pembelajaran kreatif di antaranya: (1) mahasiswa merasa aman untuk berbagi ide-ide yang tidak biasa dengan orang lain dan berani mengambil resiko; dan (2) lingkungan belajar berbasis otonomi, mahasiswa diberikan kebebasan memilih dan menyampaikan ide-ide kreatifnya sendiri. Mahasiswa lebih kreatif ketika menginginkan sesuatu yang baru, berusaha bervariasi dan lebih baik, berusaha menyampaikan ide-ide dan menyelesaikan masalah

(Sudarma, 2012). Mahasiswa dapat diberikan motivasi internal selama proses pembelajaran, dibantu berpikir fleksibel, dan tidak dikendalikan secara berlebihan (Santrock, 2009). Berdasarkan penjelasan di atas, dosen menciptakan lingkungan kreatif dengan mengkondisikan suasana belajar berbasis otonomi yang terbuka, demokratis, dan positif untuk kesuksesan dalam proses pembelajaran. Instrumen tes kemampuan berpikir creative yang dikembangkan dapat digunakan untuk mengukur dimensi kreativitas : *Fluency*, *Originality*, *Flexibility*, dan *Elaboration*.

F. Roadmap Penelitian

Peta jalan (*roadmap*) penelitian pengembangan pembelajaran matakuliah Asesmen Proses dan Hasil Belajar disajikan pada Gambar 22.



Gambar 2.2. Peta jalan penelitian pengembangan pembelajaran mata kuliah Asesmen Proses dan Hasil Belajar.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Khusus

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan instrument tes keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, keterampilan pemecahan masalah yang valid dan reliabel, serta memperoleh profil keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa jurusan fisika.

B. Manfaat Penelitian

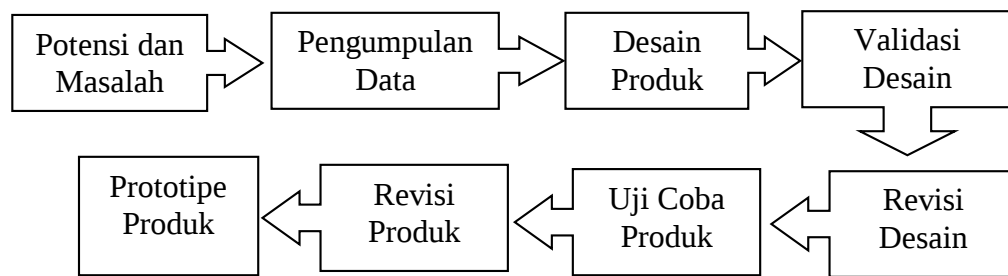
Penelitian ini diharapkan dapat:

1. memberikan contoh instrument tes keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, keterampilan pemecahan masalah terutama untuk matakuliah Evaluasi Belajar dan Pembelajaran.
2. memberikan sumbangan pemikiran kepada para dosen dalam mengembangkan instrument tes keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, keterampilan pemecahan masalah
3. memberikan sumbangan pemikiran kepada para peneliti terkait pengembangan instrument tes keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, keterampilan pemecahan masalah.
4. memberikan sumbangan pemikiran kepada para dosen dalam meningkatkan kualitas penelitian pengembangan instrumen dan kepada peneliti dalam melakukan penelitian *Educational Design Research* di perguruan tinggi.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan [17]. Produk yang diharapkan dari penelitian ini berupa prototipe *Intrumen Penilaian HOTS*. Untuk menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan kemudian produk tersebut diuji keefektifannya agar dapat berfungsi di masyarakat luas [18]. Analisis kebutuhan didasarkan kepada kebutuhan dalam proses implementasi pembelajaran di Jurusan Fisika.



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian pengembangan [17].

Sasaran penelitian ini adalah *intrumen penilaian HOTS* yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan penelitian pengembangan dengan langkah-langkah penelitian seperti yang disampaikan oleh *Borg and Gall* [16]. Diagram alur penelitian pengembangan yang disampaikan dalam bukunya Sugiyono ditunjukkan oleh Gambar 3.1.

Adapun tahapan penelitian pengembangan ini berturut-turut adalah:

1. Potensi dan Masalah

Tuntutan abad 21 adalah penguasaan keterampilan berpikir tinggi yaitu 4C Untuk mengukurnya diperlukan intrumen tes yang layak, yaitu valid dan reliabel, untuk itu akan dikembangkan instrumen yang layak. Instrumen keterampilan berpikir tingkat tinggi yang akan dikembangkan adalah :

1. Intrumen Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis
2. Instrumen Penilaian Keterampilan Berpikir Kreatif
3. Instrumen Penilaian Keterampilan Pemecahan masalah.

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan melalui kegiatan analisis Indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi yang meliputi : Keterampilan Berpikir Kritis, Keterampilan Berpikir Kreatif, Keterampilan Pemecahan masalah.

3. Desain Produk

Desain produk berupa Instrumen penilaian Desain produk diawali dengan indikator untuk masing-masing keterampilan berpikir tingkat tinggi kisi-kisi untuk masing-masing keterampilan berpikir. Selanjutnya disusun item soal.

4. Validasi Desain

Desain produk yang telah dihasilkan divalidasi oleh pakar. Desain *instrument penilaian* akan divalidasi oleh minimal 2 pakar bidang Pendidikan Fisika dan 2 pakar asesmen. Berdasarkan skala Likert, kriteria dikatakan layak jika persentase objek yang divalidasi memiliki persentase $\geq 61\%$ [19].

5. Revisi Desain

Revisi *instrument penilaian* dilakukan setelah memperoleh masukan/saran dari validator saat proses telaah dan validasi yang dikembangkan. Revisi dilakukan sehingga *instrument penilaian* benar-benar telah siap untuk diujicobakan kepada mahasiswa.

6. Uji Coba Produk

Instrumen penilaian yang telah dikembangkan diuji coba kepada mahasiswa pada semester gasal 2021/2022. Uji coba dilakukan dengan memberikan instrumen kepada mahasiswa

7. Revisi Produk

Revisi produk dilakukan setelah kegiatan uji coba produk dilaksanakan. Saran perbaikan yang diberikan selama proses uji coba produk dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan revisi instrumen HOTS dan Literasi Sains.

8. Prototipe Produk

Setelah revisi, diperoleh *Instrumen Penilaian HOTS dan Literasi Sains* yang layak digunakan sebagai suplemen bahan ajar pada matakuliah Asesmen Proses dan Hasil Belajar. Prototipe produk kemudian dapat didaftarkan ISBN dan dicatatkan sebagai hak cipta.

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah lembar telaah, lembar validasi. Lembar telaah digunakan untuk memperoleh saran dan masukan terhadap Instrumen Penilaian HOTS dan Literasi Sains. Lembar telaah berupa telaah dari segi materi, dan Bahasa, konstruksi. Lembar validasi diberikan kepada pakar untuk menilai kelayakan *Instrumen HOTS* s materi, dan bahasa. Penilaian kelayakan ini dilakukan dengan menilai Instrumen Penilaian

HOTS sesuai dengan kriteria yang diberikan menggunakan skala Likert [14]. Lembar tes digunakan untuk mengetahui hasil belajar mahasiswa setelah dilakukan implementasi Instrumen Penilaian HOTS dan Literasi Sains yang telah dikembangkan. Teknik analisis data validasi Instrumentes HOTS menggunakan deskriptif kualitatif. Data yang diperoleh dianalisis dengan rata-rata skor tiap aspek, dikatakan valid bila mendapatkan skor rata-rata $P \geq 2,6$. [19]

Adapun tugas tim penelitian diuraikan dalam tabel berikut:

No	Nama/NIDN	Jabatan dalam Tim	Alokasi waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Titin Sunarti, M.Si./ 0027116303	Ketua	14 jam/minggu	Mengkoordinasi kegiatan penelitian, analisis kebutuhan, penyusunan Instrumen Penilaian keterampilan berpikir kritis, revisi produk, mengolah data, menyusun laporan, dan penyusunan artikel.
2	Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si./ 0002047103	Anggota 2	10 jam/minggu	Pengumpulan data/referensi, pengembangan Instrumen Penilaian keterampilan pemecahan masalah, revisi, mengambil data, mengolah data, dan menyusun laporan, penyusunan artikel
3	Abu Zainuddin, S.Pd., M.Pd./ 0017088002	Anggota 3	10 jam/minggu	Pengumpulan data/referensi, pengembangan Instrumen Penilaian keterampilan berpikir kritis, revisi, mengambil data, mengolah data, penyusunan artikel.
4	Mukhayyarotin Niswati Rodliyatul Jauhariyah, S.Pd., M.Pd./ 0020058701	Anggota 4	10 jam/minggu	Pengumpulan data/referensi, pengembangan Instrumen Penilaian keterampilan berpikir kreatif, revisi, mengambil data, mengolah data, menyusun artikel.
5	Isnaul Maslamah/ 18030184028	Asisten Peneliti	8 jam/minggu	sesuai arahan tim peneliti dan revisi produk, membantu mengolah data penelitian.
6	Firdausi Maulida/ 18030184014	Asisten Peneliti	8 jam/minggu	sesuai arahan tim peneliti dan revisi produk, membantu mengolah data penelitian.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN

1. Pengembangan Instrumen Tes Kemampuan Pemecahan Masalah.

Sebelum mengembangkan instrument tes, terlebih dahulu dilakukan kajian konseptual kemampuan pemecahan masalah yang terdapat pada lampiran. Berdasarkan kajian konseptual dirumuskan indikator kemampuan pemecahan masalah yang disajikan pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, dan Tabel 5.3.

Tabel 5.1 Tahapan dan Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika

Tahapan	Indikator
Mengenali masalah	• Identifikasi masalah berdasarkan konsep dasar (<i>deep feature</i>) • Membuat daftar besaran yang diketahui • Menentukan besaran yang ditanyakan
Merencanakan strategi	• Membuat diagram benda bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan • Menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah
Menerapkan strategi	• Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan • Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih
Mengevaluasi strategi	• Mengevaluasi kesesuaian dengan konsep • Mengevaluasi satuan

Agar memudahkan dalam melakukan analisis tahapan pemecahan masalah dan tipe pengenalan masalah pemecah masalah oleh pemecah masalah *expert* atau *native*, digunakan kode pengelompokan masalah sejak tahap awal yaitu dalam *surface* dan *deep feature* seperti tercantum pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pengkodean Kemampuan Pemecahan Masalah

Kode	Sub Kode
Mengenali Masalah	• Pengelompokan masalah (berdasarkan <i>surface feature</i> atau <i>deep feature</i>) • Pengenalan besaran
Merencanakan Strategi	• Representasi masalah dalam bentuk gambar • Representasi masalah dalam bentuk rumus/persamaan matematis
Menerapkan Strategi	• Penggunaan operasi matematis • Kebenaran solusi

Mengevaluasi solusi	- Evaluasi terhadap konsep yang digunakan (berdasarkan konsep atau berdasarkan besaran yang diketahui) - Evaluasi satuan
---------------------	---

Berikut disajikan contoh pengembangan instrument tes keterampilan pemecahan masalah untuk topik Impuls dan Momentum pada peristiwa tumbukan.

Tabel 5.3. Cetak Biru Instrumen Tes Keterampilan Pemecahan Masalah

No	Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah	Indikator Pencapaian Kompetensi Dasar	Indikator Item Tes
1	Memahami masalah	Menganalisis hukum kekekalan momentum untuk sistem tanpa gaya eksternal	Temukan cara untuk meningkatkan kecepatan bola yang memantul
		Menjelaskan konsep impuls	Pilih besaran yang dapat menjelaskan konsep impuls dari permainan pletokan
		Mendefinisikan momentum	Menafsirkan ilustrasi gambar yang berkaitan dengan konsep momentum
		Merumuskan konsep momentum dan impuls, serta keterkaitannya	Perhatikan pernyataan yang benar tentang konsep momentum dan impuls
		Mengintegrasikan hukum kekekalan energi dan hukum kekekalan momentum untuk berbagai peristiwa tumbukan	Menganalisis kecepatan dua benda setelah tumbukan Menganalisis besarnya energi kinetik dua benda yang bertabrakan!
2	Solusi perencanaan	Selidiki penerapan hukum kekekalan momentum untuk sistem tanpa gaya luar dengan eksperimen bola bekel.	Rancanglah langkah percobaan untuk mendapatkan data percobaan tumbukan bola bekel
		Menjelaskan konsep impuls	Berfokus pada cara menentukan gaya impuls pada peluru pletokan
		Menyelidiki konsep momentum dan impuls dalam permainan pletokan	Merancang langkah-langkah percobaan dalam permainan pletokan untuk mendapatkan data observasi

		Mendefinisikan momentum	Lihatlah konsep momentum pada bola yang dilempar dengan kecepatan tertentu, dan memiliki massa tertentu
		Jelaskan jenis-jenis tumbukan	Menyelidiki penyebab tumbukan lenting sempurna pada bola tenis dan bola besi
3	Memecahkan masalah	Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan prinsip kekekalan momentum	Menganalisis jarak antara dua benda yang bekerja pada gaya satu sama lain dengan menerapkan hukum kekekalan momentum
			Analisis kecepatan perahu setelah penumpang terakhir melompat keluar
		Jelaskan hubungan antara momentum dan konsep impuls	Pilih pengaruh gaya impulsif yang diterima penumpang dari peralatan keselamatan pada mobil saat terjadi tabrakan
			Menganalisis pengaruh gaya impulsif pada benda yang bertumbukan
		Analisis hukum kekekalan momentum untuk sistem tanpa gaya eksternal	Analisis kecepatan yang diterima orang setelah menembakkan panah mereka
		Mengintegrasikan hukum kekekalan energi dan hukum kekekalan momentum untuk berbagai peristiwa tumbukan	Menganalisis kecepatan dua benda yang bergerak bersama setelah tumbukan
			Menganalisis kecepatan dua benda setelah tumbukan
			Menganalisis kecepatan benda setelah tumbukan
			Analisis perbandingan energi kinetik benda yang bertumbukan
4	Pengecekan Ulang	Selidiki penerapan hukum kekekalan momentum untuk sistem tanpa gaya luar dengan eksperimen bola bekel.	Mengevaluasi hasil penerapan hukum kekekalan momentum dengan percobaan tumbukan bola bekel.

	Jelaskan konsep impuls	Tinjau konsep impuls yang diperoleh dari permainan pletokan
	Menyelidiki konsep momentum dan impuls dalam permainan pletokan	Tes hasil pletokan percobaan yang telah dilakukan
	Jelaskan jenis tumbukan	Pilih penyebab tumbukan lenting sempurna antara dua mobil Tamiya

Intrumen tes yang sudah dikembangkan sebanyak 7 item tes. Terdapat pada lampiran .

2. Pengembangan Intrumen tes keterampilan berpikir kritis (KBK)

a. Kajian artikel-artikel pengembangan tes KBK.

Kajian terhadap pengembangan intrumen tes yang sudah dilakukan peneliti terdahulu sebagai dasar pengembangan tes dalam penelitian ini telah dilakukan. Hasil kajian terhadap artikel-artikel pengembangan tes KBK yang sudah dilakukan ditulis dalam bentuk artikel dengan judul *Analysis of The Development of Critical Thinking Instruments Test in Physics*, dan telah dipublikasikan melalui seminar internasional MISEIC tahun 2021. Artikel yang sudah dikembangkan terdapat pada lampiran.

b. Kajian konseptual KBK.

Terdapat beberapa pendapat mengenai indikator keterampilan berpikir kritis. Berikut indikatornya:

- 1) Taksonomi Bloom
- 2) Indikator menurut Fisher (2008)
- 3) Indikator menurut Karim (2015:95) yang mengacu pada Facione,
- 4) Indikator menurut Kuswana (2012:198)
- 5) Indikator berpikir kritis menurut Ennis (dalam Kartimi, 2013)

c. Pengembangan instrument tes KBK

Intrumen tes KBK yang sudah dikembangkan mengacu pada indikator KBK menurut Ennis, yaitu (1) Memberikan penjelasan dasar, (2) Membangun keterampilan dasar, (3) Menyimpulkan, (4) Memberikan penjelasan lanjut, (5) Strategi dan taktik. Hasil pengembangan tes terdapat pada lampiran.

3. Pengembangan Instrumen tes kemampuan kreativitas

a. Kajian artikel-artikel pengembangan tes kreativitas.

Kajian terhadap pengembangan instrumen tes yang sudah dilakukan peneliti terdahulu sebagai dasar pengembangan tes dalam penelitian ini telah dilakukan. Hasil kajian terhadap artikel-artikel pengembangan tes KBK yang sudah dilakukan ditulis dalam bentuk artikel dan telah dipublikasikan melalui seminar internasional MISEIC tahun 2021. Artikel yang sudah dikembangkan terdapat pada lampiran.

b. Kajian konseptual kreativitas.

Buku “*Encyclopedia of creativity*” memberikan dua definisi paling umum tentang kreativitas. Pertama, kreativitas melibatkan produksi sesuatu yang baru atau tidak biasa yang memiliki nilai di dunia. Kedua, konsepsi Guilford tentang berpikir divergen, kreativitas melibatkan produksi ide-ide baru dan tidak biasa, serta memikirkan solusi-solusi yang unik untuk menyelesaikan masalah. Kreativitas memiliki empat dimensi, yaitu kemampuan untuk menghasilkan sejumlah besar ide atau solusi masalah (*fluency*), jumlah kategori yang berbeda dari tanggapan yang relevan (*flexibility*), kemampuan untuk menghasilkan ide-ide baru dan asli (*originality*), dan memberikan tanggapan secara detail dan sistematis (*elaboration*) (Cohen & Ambrose, 1999). Liu & Lin, 2013 dan Torrance, 2013 mendeskripsikan kreativitas sebagai proses kreatif, pribadi kreatif, produk kreatif, dan lingkungan kreatif

c. Pengembangan instrument tes kreativitas

Dalam proses penyusunan instrumen penilaian kreativitas, diperhatikan dimensi kreativitas yang terdiri dari *fluency*, *originality*, *flexibility*, dan *elaboration*. Berikut ini tabel kisi-kisi penilaian kreativitas.

Tabel 5.4 Dimensi, Indikator, Butir Sola dan Rubrik tes kreativitas

Dimensi Kreativitas	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Rubrik Penilaian
	Diberikan suatu permasalahan aliran air dari sumber mata air untuk dimanfaatkan dalam rumah	Angga sedang membangun rumah sederhana di daerah kaki gunung Welirang. Untuk memutuskan tinggal di calon rumah barunya, Angga mencari tahu bagaimana cara mendapatkan air untuk keperluan sehari-harinya.	

Dimensi Kreativitas	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Rubrik Penilaian
	tangga, mahasiswa dapat: 1. Menghasilkan solusi masalah. (<i>fluency</i>) 2. Membuat desain instalasi pipa disertai penjelasan logisnya. (<i>originality</i>) 3. Membuat alternatif lain instalasi pipa yang memungkinkan untuk diterapkan di dalam rumah. (<i>flexibility</i>) 4. Mengevaluasi desain instalasi pipa yang telah dibuat melalui penalaran konsep fluida dinamis. (<i>elaboration</i>)	Ternyata, warga di sekitarnya menggunakan air dari sumber mata air yang dialirkan ke pemukiman melalui pipa-pipa. Tidak jarang, warga sekitar hanya memiliki satu sumber pipa di bak penampungan air di kamar mandinya. Hal itu akan sedikit merepotkan saat Angga memiliki mobilitas tinggi jika harus memindahkan air secara manual ketika membutuhkan untuk keperluan lain. Agar Angga dapat menggunakan air sesuai keperluannya sehari-hari (mencuci, memasak, mencuci piring, mandi, dsb), diperlukan beberapa titik sumber air di dalam rumah agar lebih efektif dan efisien. Bantulah Angga untuk mengatasi permasalahan yang dialami tersebut.	
Fluency		1. Bagaimanakah sebaiknya cara untuk menampung air dari sumber mata air agar dapat dimanfaatkan untuk beberapa ruangan yang ada di rumah Angga nantinya?	Alternatif jawaban: 1. Dibuat tandon air di bagian rumah yang memperhatikan posisi ketinggian terhadap sumber air dari pipa yang mengalirkan air dari sumber mata air pegunungan agar tidak perlu

Dimensi Kreativitas	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Rubrik Penilaian
			menggunakan pompa air. 2. Membuat tandon bawah untuk menampung air dari sumber mata air, kemudian memasang pompa air agar dapat menggunakan air sewaktu-waktu sesuai kebutuhan. 3. Membuat tandon bawah untuk menampung air dari sumber mata air dan membuat tandon atas untuk menampung air di atas untuk persediaan agar dapat digunakan sewaktu-waktu meskipun terjadi listrik padam. 4. Alternatif jawaban lainnya yang logis (jawaban bersifat divergen)
Originality		2. Bagaimanakah desain instalasi pipa yang sebaiknya digunakan oleh Angga jika terdapat 2 kamar mandi, 1 wastafel dapur, 1 kran mesin cuci, 1 kran sumber air untuk memasak, serta 1 kran air di depan rumah untuk menyiram tanaman?	Desain yang inovatif dan logis berdasarkan kebutuhan keran air serta penggunaan tandon atau tidak. (sesuai kreativitas masing-masing siswa). Rubrik penilaian:

Dimensi Kreativitas	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Rubrik Penilaian
			4 (sangat baik) jika memperhatikan keberadaan tandon dan instalasi pipa dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal, serta memperhatikan efisiensi penggunaannya. 3 (baik) jika memperhatikan keberadaan tandon dan instalasi pipa dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal tanpa memperhatikan efisiensi penggunaannya. 2 (cukup) tidak memperhatikan keberadaan tandon dan instalasi pipa dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal 1 (kurang) tidak memperhatikan keberadaan tandon dan instalasi pipa tidak dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal 0 jika tidak membuat desain instalasi pipa
<i>Flexibility</i>		3. Bagaimana rencana alternatif yang dapat Anda berikan kepada	Membuat desain yang memperhatikan ketinggian pipa dari

Dimensi Kreativitas	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Rubrik Penilaian
		Angga jika Angga tidak memiliki tandon air?	sumber mata air dan pipa penghubung yang masuk ke dalam rumah. Desain rumah juga perlu diperhatikan jika memang tidak ada tandon di rumah tersebut. (jawaban bersifat divergen, jawaban benar jika desain yang digambar logis dan memenuhi hukum/sifat fluida dinamis)
<i>Elaboration</i>		4. Menurut Anda, manakah desain yang lebih efektif digunakan? Desain instalasi pipa air di rumah yang menggunakan tandon air atau yang tanpa tandon air? Jelaskan pula efektivitas instalasi pipa air berdasarkan konsep fluida dinamis!	Terkait stbilitas debit fluida dan penggunaan air duntuk kebutuhan sehari-hari, lebih efektif menggunakan tandon air. Karena debit air dari sumber tidak selalu konstan. Pengaturan ketinggian pipa mulai dari sumber air hingga ke keran keluaran perlu disusun dengan baik untuk memperkirakan aliran air karena perbedaan tekanan air dalam pipa dengan ketinggian yang berbeda

Dimensi Kreativitas	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Rubrik Penilaian
			(memperhatikan prinsip Bernoulli) (jawaban bersifat divergen, jawaban yang benar jika memberikan narasi lengkap penjelasan efektivitas pemilihan desain instalasi pipa dengan memperhatikan prinsip Bernoulli pada fluida dinamis)

B. HASIL VALIDASI INSTRUMEN PENILAIAN

1. Hasil Validasi Instrumen Penilaian Berbasis Keterampilan Pemecahan Masalah

Instrumen yang telah dikembangkan berdasarkan indikator keterampilan pemecahan masalah ditelaah dan divalidasi oleh validator berdasarkan aspek kecocokan isi dengan kebutuhan, aspek kebahasaan, dan aspek instruksi instrumen. Hasil validasi oleh dua validator disajikan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Validasi Instrumen Penilaian Keterampilan Pemecahan Masalah

No	Aspek Penilaian	Skor	
		V1	V2
A	Penilaian kecocokan isi dengan kebutuhan (need)		
1.	Tiap butir tes mempunyai tujuan sesuai dengan komponen kemampuan pemecahan masalah fisika	5	4
2.	Butir tes masih relevan dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan saat ini	4	4
3.	Tiap butir tes mampu mengukur komponen kemampuan pemecahan masalah fisika	5	5
4.	Tiap butir tes memiliki indikator komponen kemampuan pemecahan masalah fisika	5	5
5.	Kontens tiap butir tes sesuai dengan konsep, prinsip, atau teori fisika	4	4
6.	Kontens tiap butir tes sesuai dengan tingkat/jenjang belajar mahasiswa	4	5
7.	Tiap butir tes memiliki satu jawaban yang benar	5	4

8.	Tiap butir tes memiliki argumen pendukung pemecahan masalah	5	4
B	Penilaian kebahasaan		
1.	Ketepatan menyadur dan menerapkan bahasa	4	4
2.	Kalimat yang disusun memiliki makna yang sama dengan yang dimaksud pengembang	4	4
3.	Kalimat tidak memiliki makna ganda/bias	4	5
4.	Bahasa yang digunakan adalah bahasa baku ilmiah	4	4
5.	Kalimat butir tes disampaikan secara lugas dan komunikatif	4	4
6.	Gambar/grafik/tabel/diagram dan sebagainya jelas dan berfungsi	4	5
C	Intruksi instrumen		
1.	Terdapat petunjuk pengisian atau penggunaan instrumen	5	5
2.	Isi instrumen sesuai dengan tujuan penelitian	5	4
3.	Kalimat dalam instrumen bersifat komunikatif	4	4
4.	Kalimat pada instrumen menggunakan bahasa yang baik dan benar	4	4
5.	Format penulisan instrumen praktis dan mudah dipahami	4	4
	JUMLAH	83	82

Hasil validasi instrumen penilaian keterampilan pemecahan masalah menunjukkan rata skor skor $\geq 2,6$, yakni 4,36. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen penilaian keterampilan pemecahan masalah yang dikembangkan dapat dikatakan valid dan layak untuk digunakan.

2. Hasil Validasi Instrumen Penilaian Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis

Instrumen yang telah dikembangkan berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis ditelaah dan divalidasi oleh validator berdasarkan aspek kecocokan isi dengan kebutuhan, aspek kebahasaan, dan aspek instruksi instrumen. Hasil validasi disajikan dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Validasi Instrumen Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis

No	Aspek Penilaian	Skor	
		V1	V2
A	Penilaian kecocokan isi dengan kebutuhan (need)		
1.	Tiap butir tes mempunyai tujuan sesuai dengan komponen kemampuan Berpikir kritis	5	4
2.	Butir tes masih relevan dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan saat ini	4	4
3.	Tiap butir tes mampu mengukur indikator berpikir kritis	4	5
4.	Kontens tiap butir tes sesuai dengan konsep, prinsip, atau teori fisika	4	4

5	Kontens tiap butir tes sesuai dengan tingkat/jenjang belajar mahasiswa	4	4
6	Tiap butir tes memiliki jawaban yang benar	5	5
7.	Tiap butir tes memiliki argumen pendukung keterampilan berpikir kritis	5	5
B	Penilaian kebahasaan		
1.	Ketepatan menyadur dan menerapkan bahasa	4	5
2.	Kalimat yang disusun memiliki makna yang sama dengan yang dimaksud pengembang	4	4
3.	Kalimat tidak memiliki makna ganda/bias	5	5
4.	Bahasa yang digunakan adalah bahasa baku ilmiah	4	4
5.	Kalimat butir tes disampaikan secara lugas dan komunikatif	5	4
6.	Gambar/grafik/tabel/diagram dan sebagainya jelas dan berfungsi	5	5
C	Intruksi instrumen		
1.	Terdapat petunjuk pengisian atau penggunaan instrumen	5	5
2.	Isi instrumen sesuai dengan tujuan penelitian	5	4
3.	Kalimat dalam instrumen bersifat komunikatif	4	4
4.	Kalimat pada instrumen menggunakan bahasa yang baik dan benar	5	5
5.	Format penulisan instrumen praktis dan mudah dipahami	5	4
	JUMLAH	82	80

Hasil validasi instrumen penilaian keterampilan berpikir kritis menunjukkan skor $\geq 2,6$, yakni 4,31. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen penilaian keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan dapat dikatakan valid dan layak untuk digunakan.

3. Hasil Validasi Instrumen Penilaian Berbasis kemampuan kreativitas

Instrumen yang telah dikembangkan berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis ditelaah dan divalidasi oleh validator berdasarkan aspek kecocokan isi dengan kebutuhan, aspek kebahasaan, dan aspek instruksi instrumen. Hasil validasi disajikan dalam Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Validasi Instrumen Penilaian Dimensi kreativitas

No	Aspek Penilaian	Skor	
		V1	V2
A	Penilaian kecocokan isi dengan kebutuhan (need)		
1.	Tiap butir tes mempunyai tujuan sesuai dengan komponen kemampuan Berpikir kritis	5	5
2.	Butir tes masih relevan dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan saat ini	4	4
3.	Tiap butir tes mampu mengukur indikator berpikir kritis	4	5
4	Kontens tiap butir tes sesuai dengan konsep, prinsip, atau teori fisika	4	4

5	Kontens tiap butir tes sesuai dengan tingkat/jenjang belajar mahasiswa	4	4
6	Tiap butir tes memiliki jawaban yang benar	5	4
7.	Tiap butir tes memiliki argumen pendukung keterampilan berpikir kritis	5	4
B	Penilaian kebahasaan		
1.	Ketepatan menyadur dan menerapkan bahasa	4	4
2.	Kalimat yang disusun memiliki makna yang sama dengan yang dimaksud pengembang	4	4
3.	Kalimat tidak memiliki makna ganda/bias	5	4
4.	Bahasa yang digunakan adalah bahasa baku ilmiah	4	4
5.	Kalimat butir tes disampaikan secara lugas dan komunikatif	5	4
6.	Gambar/grafik/tabel/diagram dan sebagainya jelas dan berfungsi	5	4
C	Intruksi instrumen		
1.	Terdapat petunjuk pengisian atau penggunaan instrumen	5	5
2.	Isi instrumen sesuai dengan tujuan penelitian	5	4
3.	Kalimat dalam instrumen bersifat komunikatif	4	4
4.	Kalimat pada instrumen menggunakan bahasa yang baik dan benar	5	4
5.	Format penulisan instrumen praktis dan mudah dipahami	5	4
	JUMLAH	78	75

Hasil validasi instrumen penilaian keterampilan berpikir kreatif menunjukkan skor $\geq 2,6$, yakni 4,33. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen penilaian keterampilan berpikir kreatif yang dikembangkan dapat dikatakan valid dan layak untuk digunakan.

C. Pembahasan

Telah dikembangkan 7 item soal untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah, 5 item soal untuk mengukur kemampuan berpikir kritis, dan 4 soal kemampuan kreativitas. Berdasarkan hasil validasi oleh pakar yang meliputi aspek yaitu 1) Penilaian kecocokan isi dan kebutuhan (need), 2) kebahasaan dan 3) intruksi instrument ketiganya dinyatakan valid dengan nilai validaitas lebis besar dari 2,6. Di bawah ini adalah contoh soal dari 7 soal yang telah dikembangkan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah. Pada contoh soal tersebut sudah tampak tahapan oemecahan maslah yaitu, taha1 :mengenal maslah, tahap 2: merencanakan strategi, tahap 3: menerapkan strategi, dan tahap 5: mengevaluasi solusi.

Item Instrumen 2

Untuk bisa mencapai lokasi sekolah, Mustofa, siswa kelas XI harus menyeberangi sungai menggunakan "gethek" bambu seluas $100 \times 200 \text{ cm}^2$. Karena waktu sudah menunjukkan pukul 06.40 WIB, Mustofa harus mempercepat laju getheknnya minimal 2 kali kecepatan aliran sungai. Berikan saran pada Mustofa kemana gethek harus diarahkan agar pengaruh arus dapat dikurangi sebanyak mungkin.

Pemecahan masalah:

Diketahui : gerakan gethek, arus air, dan resultan kecepatan gethek sesuai gambar

Anggap kecepatan arus v_a dan kecepatan gethek

$$v_p = 2v_a$$

Dari gambar terlihat bahwa pengaruh arus akan

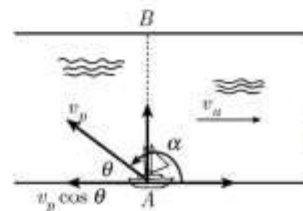
seminimum mungkin jika perahu dapat bergerak dari A ke B tegak lurus arus. Agar ini dapat terjadi, maka $v_p \cos \theta$ harus sama dengan v_a .

$$v_p \cos \theta = v_a \quad \text{maka} \quad \theta = \arccos \frac{v_a}{v_p} = \arccos \frac{1}{2} = 60^\circ$$

Arah gethek dihitung terhadap sumbu horisontal positif, sebesar α yaitu:

$$\alpha = 180^\circ - \theta = 120^\circ$$

Jadi Mustofa harus mengarahkan getheknnya 120° dari pinggir sungai supaya kecepatannya 2x kecepatan arus sungai dan tidak terlambat ke sekolah.



Tahap 1

Tahap 2

Tahap 3

Tahap 4

Gambar 1. Contoh soal kemampuan pemecahan masalah

Contoh soal untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dengan indikator memberikan penjelasan dasar disajikan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar di atas mengilustrasikan tentang peritiswa Archimedes membakar seluruh armada Roma secara bersamaan di pelabuhan Syracuse dengan cara memfokuskan cahaya matahari pada sebuah cermin cekung raksasa. Berikan penjelasan anda tentang informasi sesuai gambar diatas!

Gambar 2. Contoh soal keterampilan kerpikir kritis

Pada soal tersebut disajikan informasi gambar tentang terbakarnya armada menggunakan cermin cekung. Mahasiswa dapat menjelaskan kesesuaian pernyataan pada soal. Mahasiswa dapat ,e,berikan penjelasan apakah memungkinkan meembakar kapal secara bersamaan dengan menggunakan bantuan cermin cekung. Bagi mahasiswa yang memiliki keterampilan

berpikir kritis baik, maka tidak mungkin membakar kapal secara bersamaan dengan bantuan sebuah cermin cekung, karena cermin cekung hamnya memiliki satu titik focus, maka yang terbakar hanya sebagian tertentu saja. Soal yang sama dikembangkan untuk indikator keterampilan berpikir kritis yang lain, yaitu membangun keterampilan dasar, menyimpulkan dan memberikan penjelasan lanjutan.

Soal untuk mengukur kemampuan kreativitas yang dikembangkan meliputi empat dimensi kreativitas, yaitu *fluency*, *originality*, *flexibility*, dan *elaboration*. Masalah kontekstual yang digunakan yaitu suatu permasalahan aliran air dari sumber mata air untuk dimanfaatkan dalam rumah tangga. Berdasarkan masalah kontekstual tersebut, mahasiswa yang memiliki kemampuan kreativitas dapat: 1) Menghasilkan solusi masalah. (*fluency*); 2) Membuat desain instalasi pipa disertai penjelasan logisnya. (*originality*) 3) Membuat alternatif lain instalasi pipa yang memungkinkan untuk diterapkan di dalam rumah. (*flexibility*) 4) Mengevaluasi desain instalasi pipa yang telah dibuat melalui penalaran konsep fluida dinamis. (*elaboration*)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data bahwa: dari 14 butir soal yang terdiri dari 7 butir soal yang dikembangkan untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah, 5 butir soal untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan 4 soal untuk mengukur dimensi kreativitas termasuk valid secara teoritis. Aspek yang dinilai meliputi penilaian kecocokan isi dengan kebutuhan (*need*), penilaian kebahasaan, dan instruksi instrument. Berdasarkan hasil tersebut diatas maka instrument yang dikembangkan ini layak untuk diujicobak secara empiris pada mahasiswa atau siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wasis, Yuni Sri Rahayi, Titin Sunarti, Sifak Indana. (2020). *HOTS dan Literasi Sains, Konsep, Pembelajaran, dan Penilaiannya*. Kun Fayakun. Jombang Jawa Timur.
- [2] Beyer, Barry K. (1985). *Critical Thinking*. Phi Delta Kappa, 408 N. Union, P.O. Box 789, Bloomington, IN 47402-0789.
- [3] Brookfield- 1987. *Developing Critical Thinkers*. San Fransisco: Jossey Bass Publiser
- [4] Ennis, Robert H. 1962. A concept of critical thinking. *Harvard Educational Review*, Vol 32(1), 81-111.
- [5] Khaeruddin, Nur, M., & Wasis. (2016). Fostering critical thinking skills through optimizing science process skills in physics learning. *Journal of Research and Method in Education*. 6(6), (Nov-Dec. 2016), 103-108.
- [6] Hossoubah, Z. (2007). *Develoving Creative and Critical Thinking Skills (terjemahan)* . Bandung: Yayasan Nuansa Cendia.
- [7] Ince, E. (2018). An Overview of Problem Solving Studies in Physics Education. *Journal of Education and Learning*. 7(4). pp. 191-200.
- [8] Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (2002). *Meaningful assessment: A manageable and cooperative process*. Boston: Allyn and Bacon.
- [9] Laugksch, C. R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*. 84(1), 71 – 94.
- [10] Limatahu, I., Wasis, Suyatno, & Prahani, B. K. (2018). Development of CCDSR teaching model to improve science process skills of pre-service physics teachers. *Journal of Baltic Science Education*. 17(5), pp 812-827
- [11] OECD. (2000). *The PISA 2000 Assesment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy*.
- [12] OECD. (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- [13] Sunarti, T., Wasis, Madlazim, Suyidno, & Prahani, B. K. (2018). The effectiveness of CPI model to improve positive attitude toward science (PATS) for pre-service physics teacher. *Conference Series: Journal of Physics*. 997(2018), pp 1742-6596
- [14] Wasis, Yuni, S.R., Suyono, Novita, D. (2018b). Characterizes instrument for assessing higher order thinking skills & scientific literacy. *11th International Conference on Educational Research*, 8-9 September 2018. Thailand: Khon Kaen University.
- [15] Wasis, Yuni, S.R, dan Sukarmin. (2014). *Karakterisasi Instrumen Penilaian Berpikir Tingkat Tinggi dan Literasi Sains: Studi komparatif soal TIMSS, PISA, dan UN*. Laporan penelitian fundamental yang didanai oleh DP2M Dikti.
- [16] Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman
- [17] Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [18] Sanjaya, Wina. 2011. *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- [19] Riduwan. 2013. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- [20] Wagner, T. 2010. *Overcoming The Global Achievement Gap* (online). Cambridge, Mass: Harvard University.

- [21] Ratna Hidayah, Moh. Salimi, Tri Saptuti Susiani. 2017. Critical Thinking Skill: Konsep dan Indikator Penilaian. Jurnal Taman Cendekia Vol. 01 No. 02 Desember 2017
- [22] John Joseph and Marion Mathew. 2019. Innovative Pedagogy for the Twenty-First Century Learners: Issues and Challenges for Teachers and Principals. International Journal of Applied Social Science Volume 6 (8), August (2019): 2074-2083
- [23] Bull, A. and Gilbert, J. (2012). Swimming Out of Our Depth: Leading Learning in 21st Century Schools. Wellington, New Zealand Council for Educational Research. [www.nzcer.org.nz/system/files/Swimming%20out%20of %20our%20depth%20final.pdf](http://www.nzcer.org.nz/system/files/Swimming%20out%20of%20our%20depth%20final.pdf) Accessed 02 March 2018)
- [24] Direktorat Penjaminan Mutu. 2018. Pedoman Sistem Penjaminan Mutu Internal Pendidikan Akademik – Pendidikan Vokasi – Pendidikan Profesi – Pendidikan Jarak Jauh. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi. Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1.Sertifikat Presenter di MiSEIC



Lampiran 2. Letter of Statement di MISEIC ♦ IOP JPCS



MATHEMATICS, INFORMATICS, SCIENCE, AND EDUCATION
INTERNATIONAL CONFERENCE (MISEIC) 2021
September 4th, 2021, Surabaya, Indonesia

Organized by: Universitas Jember Surabaya

Main Author Full name:	Titin Sunarti
Main Author/Corresponding Author e-mail address:	titinsunarti@unesa.ac.id
Paper ID Number:	2972
Paper Title:	Analysis of The Development of Critical Thinking Instruments Test in Physics

I hereby state that according to recommendation stated in the email (please tick one)

- ☒ I wish to proceed my submitted paper is recommended to be published in IOP Conference Proceeding (JPCS) and I am willing to resubmit my revised paper not later than September 3rd, 2021.
- ☒ I wish to proceed my submitted paper is recommended to be published in Atlantis Press Conference Proceeding (AP) and I am willing to resubmit my revised paper not later than September 3rd, 2021.
- ☒ I wish to proceed my submitted paper is recommended to be published in IEEE Xplore and I am willing to resubmit my revised paper not later than September 3rd, 2021.
- ☒ I wish to proceed my submitted paper is recommended to be published in the recommended journal and I am willing to resubmit my revised paper not later than September 3rd, 2021.
- ☒ I wish to retract my submitted paper. I do not want to publish to either of the recommended publishers.

Please sign this letter and email the scanned version to miseic@unesa.ac.id not later than September 3rd, 2021. Your revised paper must be submitted to miseic.conference@unesa.ac.id (your validated OCS account).

Surabaya, 3 September .2021

Signature

(Titin Sunarti)



**MATHEMATICS, INFORMATICS, SCIENCE, AND EDUCATION
INTERNATIONAL CONFERENCE (MISEIC) 2021**

September 4th, 2021, Surabaya, Indonesia

Organized by: Universitas Negeri Surabaya

LETTER OF ACCEPTANCE

Dear Titin Sunarti, Wasis Wasis, Woro Setyarsih, Abu Zainudin, Mukhayyarotin Niswati Rodliyatul Jauhariyah

It is our pleasure to inform you that your manuscript entitled:

“Analysis of The Development of Critical Thinking Instruments Test in Physics” (2972)

is accepted to be presented at MISEIC 2021. Thank you for your participation.

Your Sincerely,

Beni Setiawan, Ph.D

MISEIC 2021 Chairperson



**MATHEMATICS, INFORMATICS, SCIENCE, AND EDUCATION
INTERNATIONAL CONFERENCE (MISEIC) 2021**

September 4th, 2021, Surabaya, Indonesia

Organized by: Universitas Negeri Surabaya

LETTER OF ACCEPTANCE

Dear **Mukhayyarotin Niswati Rodliyatul Jauhariyah, Wasis Wasis**

It is our pleasure to inform you that your manuscript entitled:

“Scientific Research Trend on Creativity in Physics Learning (2012-2020)” (3000)

is accepted to be presented at MISEIC 2021. Thank you for your participation.

Your Sincerely,

Beni Setiawan, Ph.D

MISEIC 2021 Chairperson

Analysis of The Development of Critical Thinking Instruments Test in Physics

T Sunarti¹, Wasis¹, W Setyarsih¹, A Zainuddin¹, M N R Jauhariyah¹

¹ Physics Department, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

*Corresponding e-mail: ¹ titinsunarti@unesa.ac.id

Abstract. The critical thinking instrument is an instrument that contains essential indicators of thinking to test critical thinking ability. The purpose of this study is to examine instrument development methods, test instrument forms, question indicators, instrument feasibility tests, research subjects, instrument application media, analysis of test instrument results, learning models, and physics theory. This research is a study library research applying the Bibliometric method. The research step is collecting and selecting secondary data of research articles through Publish or Perish (PoP) application using Google Scholar and Scopus databases in 2016-2020. Then, completing paper attributes through Mendeley software, visualizing data mapping based on title and abstract field using VOSviewer software, and analyzing and describing research study topics. The study results show that critical thinking test instruments can be developed through research and development (R&D) Design development models. The form of the question created is a multiple-choice, open-ended-essay, description test, and diagnostic test regarding the indicators of critical thinking that Ennis and Facione have put forward. The problem developed is testing the instrument's feasibility through the validity and reliability of the problem. Valid problem instruments will be tested on students, students, and pre-job teachers assisted by paper-test media and the web, along with applications with often-tested physics materials, namely optics.

Keywords: critical thinking test instruments, physics

1. Introduction

Education requires contextual learning that requires critical thinking, creative thinking, and communicatively [1]. Indonesia experienced a decrease in the quality of education through PISA (Programme of International Student Assessment) survey results in 2018 [2]. One component of PISA is critical thinking skills. The average science value of Indonesian students is still below that of the OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) countries. It indicates that the critical thinking skills of Indonesian students are still low. Therefore, it is necessary to improve the quality of education and develop critical thinking skills [3].

Critical thinking is a problem-solving skill by conducting observation and communication by involving alternative solutions from various points of view to obtain information and argumentation [4]. According to Facione [5], individuals have a high critical thinking ability to interpret, analyze, evaluate, interfere, and explain. They can diagnose a problem (interpretation). They can analyze information by linking it with concepts and materials (analysis). Evaluate statements, opinions, or arguments that can be an alternative solution to problem-solving (evaluation). Draw conclusions based

on data and information that has been identified (interference). Explain the results of problem-solving (explanation).

According to Ennis in [6], individuals are highly critical thinking and meet five aspects: simple explaining, determining the basic decision making, drawing conclusions, further clarification, and predicting and combining information. The device to identify knowledge and thinking ability is evaluation [7]. Assessment of critical thinking test instruments is qualitative and contextual to explore the thought process to solve problems by linking and constructing data to conclude. A qualitative question is a question that can identify the meaning of physics connected with the concept of physics. At the same time, contextual questions contain context in daily life to apply in life [8]. Therefore, critical thinking assessment is crucial because it can measure the understanding of concepts that can be used as indicators of learning success to meet competency standards [9].

Given the importance of the development of critical thinking test assessment instruments in measuring critical-thinking ability, it is necessary to map the review of research results on the development of critical-thinking test instruments that have been conducted. Bibliometric analysis techniques do mapping with the topic of development methods, instrument forms, instrument indicators, instrument feasibility, research subjects, media, implementation results of critical thinking test instruments, materials, and learning models.

2. Method

This study uses the data retrieval method through library research (literature study) by applying the Bibliometric analysis method. Bibliometric is a methodology for analyzing and evaluating scientific article literature through mathematical and statistical approaches [10]. Data collection techniques through Publish or Perish (PoP) were conducted in July 2021 to generate secondary data of research results of journal articles and preceding conferences from Scopus and Google Scholar databases with title and keyword searches. Data search using the title "Instrument Test Critical Thinking" with the keyword "physics" and the title "Critical Thinking Test Instrument" with the keyword "physics" generates 40 metadata in the form of journal articles, preceding articles, and thesis. Metadata results are copied to Microsoft excel and selected with limitations in journal articles, preceding articles, and continue with research topics and objectives, resulting in 17 journal articles and eight preceding articles. The selection results are imported into Mendeley to complement the title and abstract attributes and the author, keywords, and publication journal. Then, it is exported in the form of a RIS (Research Information System) document. After that, it visualized to VOSviewer based on "title and abstract field" to map the research variables using the method of calculating total counting by setting the minimum item similarity as much as 2, so that from 421 items obtained interrelationship 62 items between articles. The visualization results are mapped into 8 clusters by forming a network. They were next, sorting and analyzing the items on the visualization cluster from several research topics. Then, describe each research topic by reviewing each literature that has been collected.

3. Result and Discussion

Based on the interrelationship and similarity of words in the title and abstract with the method of calculation of the whole counting produces the visualization of the results of bibliometric analysis seen in Figure 1. Based on the visualization in Figure 1, 8 clusters of mapping results are arranged by sorting the items so that they become topics of discussion according to the research topic in Table 1.

Table 1. Cluster mapping results.

Clusters	Colour	Topics
1	red	Indicator, optical instrument, paper, research, tier diagnostic test
2	green	Ability, critical thinking instrument, CTIT, effect, research method, skill, study, topic
3	blue	Analysis, critical thinking, reliability, student critical thinking, test, undergraduate, university, validation

4	yellow	Critical thinking ability, effectiveness, Implementation, inquiry, PBL STEM, physics lesson
5	purple	Aspect, assessment instrument, CPS, critical thinking assessment, physic, validity
6	Light blue	Critical thinking skills, learning model, senior high school student
7	orange	Concept, critical thinking skill, problem, student critical thinking,
8	brown	Critical thinking test instrument, graphic organizer media, learning, outcome

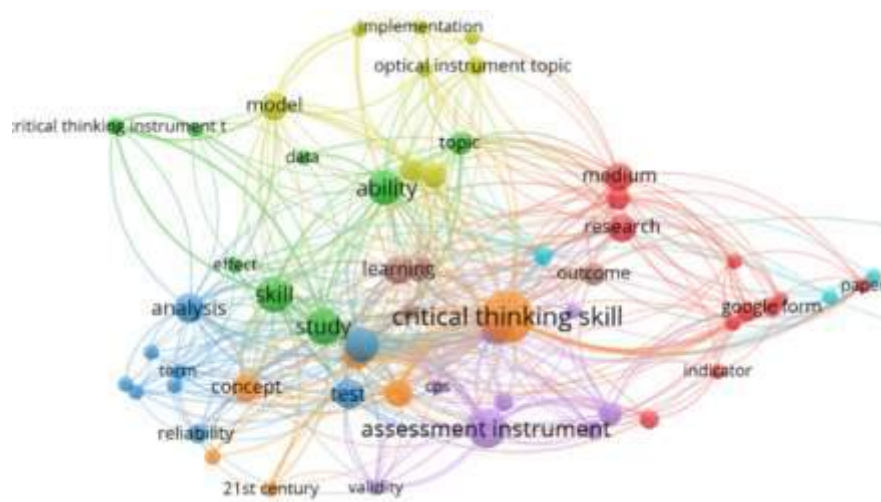


Figure 1. Network Visualization of the critical-thinking test instrument.

Based on the items in the cluster, it can be mapped into topics such as development methods, critical thinking skills assessment instruments, indicators of problem development, question validity, research subjects, testing media, critical-thinking skills, learning to improve critical-thinking skills, and materials often used for the development of critical-thinking problems described as follows,

3.1 Development Methods

The development methods used by researchers to develop critical-thinking skills test instruments vary as in the following Table,

Table 2. Way of developing critical-thinking skills test instrument.

Research methods	Author
Research and Development (R&D) Design	[11] [12] [13] [14] [15]
Borg and Gall (seven steps)	[16] [17]
4D Stage	[18] [19]
Qualitative descriptive	[20] [21] [22]
Quasi-Experimental Design	[23] [24]
The mixed-method with sequential exploratory design	[8] [25]
Borg and Gall (three steps)	[26]
Borg and Gall (ten steps)	[27]
ADDIE	[6] [28] [29]
Adda	[30]
Oriondo and Antonio	[31] [32]

Based on Table 2, the most commonly used development method is R&D Design. Borg and Gall's development is a development by applying ten steps: (1) Information collection; (2) Planning; (3) Initial product development; (4) Product trials; (5) Revision of product test results; (6) Retesting of the

product; (7) Product finish; (8) Field test; (9) Final product enhancements; (10) Dissemination and Implementation (Borg and Gall, 1983), however, in some studies there is a simplification of stages according to the needs. Then, the 4D method simplifies the R&D method by being four steps only [33]. Meanwhile, qualitative descriptive research develops object-oriented scientific products and visualizes the phenomena of life with data exploration, data description, and data explanation [34]. ADDIE is a development model through 5 steps Analyze (analysis and literature studies), Design (instrument design), Development (instrument development), Implementation (instrument testing), Evaluation (assessing results). It is a development model through five steps: needs analysis and library studies through literature, product design to be developed isomorphic product development, product testing applied to students, and evaluation is carried out by assessing the results that have been implemented [6]. ADDA (Analyze, Design, Development, Applied) simplifies the ADDIE development model until the application or implementation stage. The mixed-method with sequential exploratory design is qualitative and quantitative research mixed-method used to train, develop, test new instruments [35].

3.2. Critical Thinking Skills Assessment Instrument

Critical thinking skills assessment instrument developed there are several forms of assessment instruments with the following in Table 3.

Table 3. Critical-thinking skills assessment instrument form.

Instrument Shape	Author
Open Ended-Essay	[6] [8] [11] [17] [20] [22] [23] [25] [29]
Two-Tier Diagnostic Test	[19] [21] [31]
Multiple Choice	[16] [26] [28] [30]
Description-test	[27]
Four-Tier Diagnostic Test	[13]
Critical Thinking (CT-Test)	[14] [15]

Based on Table 3, critical thinking test instruments are often developed in open-ended essays because essays are more comprehensive than multiple choice. In the instrument of the essay test, students will be required to explore the mindset by linking and constructing information to solve and draw conclusions from the problem [8]. A diagnostic test is a multiple-choice test instrument with reasoning and confidence so that students can identify and evaluate issues on the problem.

3.3. Critical Thinking Skills Assessment Instrument Indicators

Based on the instruments form developed in Table 3 and Table 4, critical thinking assessment instruments must also meet critical thinking skill indicators, but some researchers use different critical-thinking references. Critical-thinking assessment instruments are other than generally written test instruments because the questions used are qualitative in the form of physical meanings of physical and contextual concepts in the form of phenomena and applications in daily life to identify the understanding of the concept of physics [25],

Table 4. Critical thinking test instrument indicators.

Adept	Author	Aspects	Indicator
Ennis (1985)	[6] [8] [11] [16] [18] [19] [20] [21] [23] [25] [28] [29] [30]	1. Basic clarification	the focus of questions, analysis of arguments, and identification of facts
		2. The basis of decision making	considering the authenticity of the source as well as observation and evaluation of observation results
		3. Interference	conclude induction or deduction

CT	[14] [15]	4. Further clarification	identification of assumptions
		5. Strategy and tactics	merging information and reason considerations
		1. Hypothesis Testing	Interachievement of relationships between variables, analysis of the need to conclude, identification of the application of causality
		2. Argument Analysis	Identify how essential arguments are through causal relationships and test the validity of experiment results
		3. Reasoning	Evaluate the validity of the data and study an ambiguous
Facione	[13] [17] [22] [27] [31] [32]	4. Likelihood and uncertainty analysis	Predict the possibilities that occur and understand the need for additional information to make decisions
		5. Problem solving and decision making	Identify the best troubleshooting and evaluation of troubleshooting solutions
		1. Achievement	Identify problems, data achievement
		2. Analysis	Problem solutions
		3. Interference	Hypotheses, experimental design, and drawing conclusions
		4. Explantation	Identify errors or evaluations

Based on Table 4, the critical thinking indicator developed by Ennis (1985) is often used as a reference. [25] suggests choosing Ennis because each aspect contains a complete indicator. Each test instrument is composed of initial information and questions to stimulate students' critical thinking to relate them between reading and questions.

3.4. Testing Process and Feasibility of Critical Thinking Test Instruments

Instruments developed will be tested for feasibility and validity of instruments reviewed from several aspects of validity, reliability, differentiation, and difficulty levels. Testing is conducted through test instrument trials and analytical techniques used statistically. In the Figure 2, the distribution of instrument feasibility by some authors

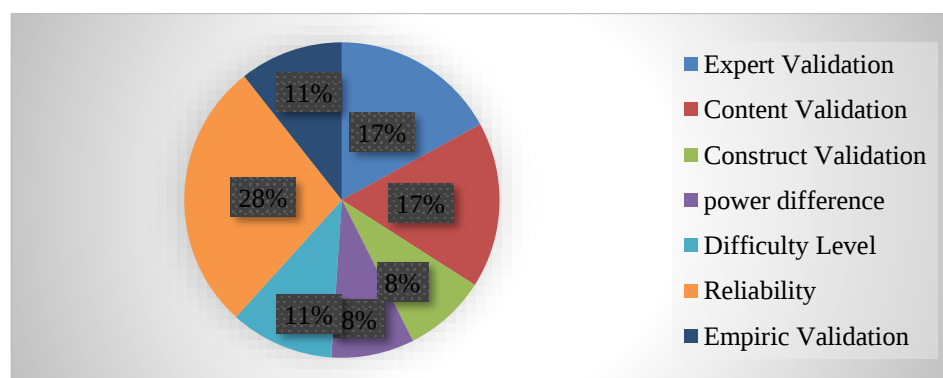


Figure 2. Mapping the test process and feasibility of critical thinking test instruments.

3.5. Research Subjects

Already valid instruments will be implemented to measure critical thinking skills. In Table 1, there is a student item because most researchers implement test instruments for high school students. However,

there are some studies testing test instruments to college students as listed in Table 1 and also pre-position teachers with the following details,

Table 5. Research subjects.

Education Level	Author
College	[6] [28] [29]
Pre-office Teacher	[15]

3.6. Media Implementation of Test Instruments

Most researchers use data retrieval media in the form of paper tests. However, one study developed by [26] based on the web using Codeigniter framework is a framework page to create a website efficiently. Some menus can make it easier for programmers to develop the web [36]. Then, there is research-based on CAT (Computer Adaptive Test) by creating the application PhysTCriTS (Physics Test Critical Thinking Skill). The application program can facilitate assessment and time efficiency because the assessment results will be immediately visible.

3.7. Critical Thinking Skills Analysis

The implementation process has been implemented, the next step is to analyze the results of product implementation, but some studies develop test instruments to limit trials to assess the feasibility of the instrument without analyzing the results of performance, along with the results of analysis of critical thinking skills in Table 6.

Table 6. Critical thinking skills analysis.

Author	Analysis Results
[31] [26] [22]	The participants were still not mastering all aspects, with a high level of critical thinking on the part of data achievement during low critical- thinking on the identification aspect of the problem. However, in the results of Arini's study (2018), the lowest level of critical thinking in the analysis aspect
[6] [28] [29]	Critical thinking rates are still relatively low, with an average yield of 9.71 from a maximum score of 20 and a percentage of 35.70% in the "very low" category with a primary clarification indicator with the highest rate while the lowest decision-making basis
[25]	Students had a "moderate" level of critical thinking with an average of 69.25 out of 100 with high critical-thinking indicators on essential clarification and the lowest on inference
[23]	The highest critical thinking indicators on considering the credibility of a source and the lowest at deciding on an action
[16]	The distribution of high thinking skills of students is nine students belong to the category of "high", 38 students belong to the category of "medium", 13 students category "low", and ten students category "very low". The average yield is 62.41, with the "high" category
[13]	Critical thinking ability of all indicators is still relatively low
[21]	Lowest category on strategy and tactics indicators, while highest on essential clarification
[15]	The level of critical thinking in the Reasoning category is very high, while in the Analysis Argument category is very low

3.8. Innovative Learning to Improve critical thinking skills

Based on Table 8, critical-thinking skills are still low, but this can be used as a basis for planning learning to improve critical-thinking skills. The assessment instrument can be used as a formative

assessment instrument that is a form of measurement efforts of students from the beginning to the end of learning to test the improvement of ability[37]. Testing is conducted during education with initial learning given pre-test, then, provide feedback by applying learning model. Furthermore, it will be given a post-test to analyze the improvement of critical thinking ability. Here, the learning model used with the following in Table 8.

Table 8. Formative assessment instrument results.

Author	Innovative Learning	result
[8]	STAD (Student Teams Achievement Division), Problem-based Instruction, learning cycle 5E	There is an increase in the test value of critical thinking tests
[23]	PBL (Problem Based Learning)	This research produced a high size effect to improve critical thinking skills
[24]	Inquiry-Discovery Learning	Learners experience an increase in critical thinking test scores
[18]	Jigsaw with Adobe Flash Media	Learners experience increased critical thinking

3.9. *Physic Theory*

In testing the assessment of critical thinking test refers to one or more theories because it will focus on knowing the understanding of certain physical concepts, along with the theory that is often used in Figure 3.

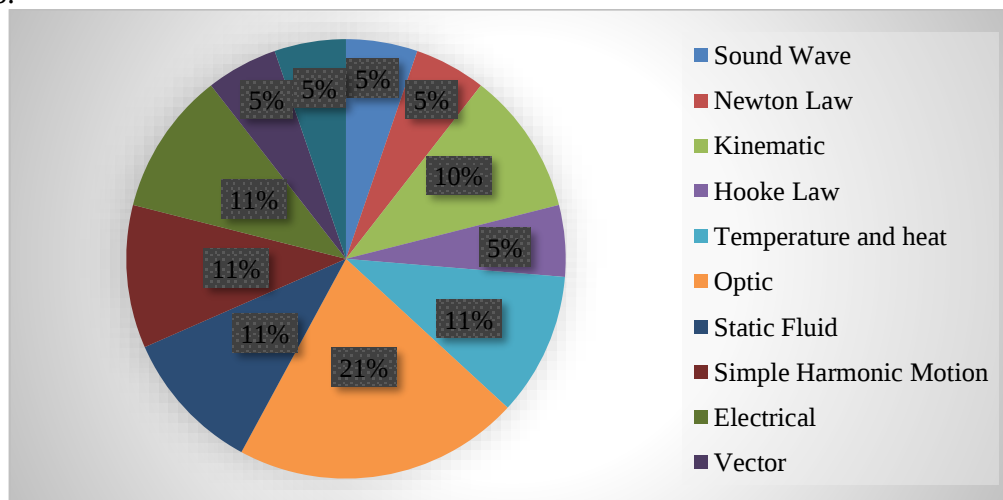


Figure 3. Distribution of critical-thinking test instrument testing materials.

4. Conclusion

Literature review results that have been presented above can be concluded that the development of critical thinking test instruments can be developed through the development model of R&D Design. The form of the question created is a multiple-choice, open-ended-essay, description test, and diagnostic test regarding the indicators of critical thinking that Ennis and Facione have put forward. The problem set is testing the instrument's feasibility through the validity and reliability of the problem. Valid problem instruments will be tested on students, students, and pre-job teachers assisted by paper-test media and the web along with applications with often-tested materials, namely optics.

5. Acknowledgement

Thank you to Universitas Negeri Surabaya. The preliminary research is part of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences policy research Universitas Negeri Surabaya based on Decree No. 836/UN38/HK/PM/2021 date June 22 2021, with the research contract number B/35437/UN38.3/LT.02/2021. It is part of the research on the physics learning assessment expertise in the Undergraduate Programme of Physics Education

6. References

- [1] Kivunja C 2015 Why students don't like assessment and how to change their perceptions in 21st-century pedagogies *Creative Education* 2117-26.
- [2] Sains K 2019 Menilik kualitas pendidikan indonesia menurut PISA 3 periode terakhir. <https://kumparan.com/kumparansains/menilik-kualitas-pendidikan-indonesiamenurut-pisa-3-periode-terakhir1s00SIXNroC>
- [3] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan 2019a Hasil PISA Indonesia 2018 : akses makin meluas, saatnya tingkatan kualitas <https://www.kemdikbud.go.id/main/blog/2019/12/hasil-pisa-indonesia-2018-akses-makin-meluas-saatnya-tingkatkan-kualitas>
- [4] Fatimah N, Gunawan G dan Wahyudi W 2017 *J. Pend. Fis. Tekno* **4** 183-90
- [5] Fithriyah I 2016 Analisis kemampuan berpikir kritis siswa kelas IX-D SMPN 17 Malang. *Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya (KNPMP I)* pp. 580-590 Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [6] Mas'ula N dan Rokhis T A 2020 *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)* **3** 177-85
- [7] Kasih P A dan Purnomo Y W 2016 *J. Res. Adv. Math. Edu* **1** 69-78
- [8] Ritdamaya D dan Suhandi A 2016 *J. Penelit. Pengem. Pend. Fisika* **2** 87-96
- [9] York T T 2015 *Practical Assesment, Research & Evaluation* **5**
- [10] Suprpto N, Sunarti T, Suliyanah, Wulandari D, Hidayatullaah H N, Adam A S dan Mubarak H 2020 *Int. J. Eval. Res. Edu (IJERE)* **3** 675-83
- [11] Sugiarti T, Kaniawati I dan Aviyanti L 2017 *J. Phys.: Conf. Ser.* **812** 012052
- [12] Arota A S, Mursalin dan Odja A H 2020 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1521** 022061
- [13] Waluyo A A, Hartono dan Sulhadi 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1918** 022011
- [14] Tiruneh D T, De Cock M, Weldelessie A G et al 2017 *Int J of Sci and Math Educ* **15** 663–82
- [15] Negoro R A, Rusilowati A, Aji, M P dan Jaafar R 2020 *J. Ilmi. Pend. Fis. Al-BiRuNi* **1** 73-86
- [16] Yanti T D, Suana W, Maharta N, Herlina K dan Distrik I W 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1157** 032007
- [17] Verawati N N S P, Prayogi S, Yusup M Y dan Taha H 2020 *Prisma Sains: J. Pengkaji. Ilmu. Pembela. Mat. IPA IKIP Mataram* **1** 46-56
- [18] Koswojo J, Winata S W dan Wasis 2020 *Magister Scientiae* **48** 88-98
- [19] Istiyono E, Dwandaru, W S B, Lede Y A, Rahayu F dan Nadapdap A 2019 *Int. J. Instruction* **4** 267-80
- [20] Mabruroh F dan Suhandi A 2017 *J. Phys.: Conf. Ser.* **812** 012056
- [21] Umam A, Suparmi dan Sukarmin 2020 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1567** 032085
- [22] Arini W dan Juliadi F 2018 *Berka. Fis. Indo* **1** 1-11
- [23] Parno F, Asim, Suwasono P dan Ali M 2019 *J. Pend. Fisika. Indo* **1** 39-45
- [24] Wartono, Hudha M N dan Batlolna J R 2018 *EURASIA. J. Math. Sci. Techno. Edu* **2** 691-7
- [25] Prayogo D, Junaid H M dan Hartoyo Z 2019 *J. Edu. Math. Sci. Techno* **2** 11-23
- [26] Sayekti A A dan Wasis 2021 *PENDIPA J. Sci. Edu* **2** 210-17
- [27] Herpiana R dan Rosidin U 2018 *J. Phys.: Conf. Ser.* **948** 012054
- [28] Dwijanati P, Ruwaida A, Mindyarto B N dan Wiyanto 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1918** 052076
- [29] Pradana S D S, Parno dan Handayanto S K 2017 *J. Penelit. Eval. Pend* **1** 51-64
- [30] Sa'diyah L H, Siahaan P, Suhendi E, Samsudin, Achmad, Aminudin A, Rais A, Sari I, Rasmitadila dan Rachmadtullah R 2020 *Int. J. Psychos. Rehab* **24(8)** 14426-43

- [31] Putri, F S, Istiyono E dan Nurcahyanto E 2016 *Unnes.Phys. Edu. J* **2** 76-84
- [32] Putri F S dan Istiyono E 2017 *Int. J.Env.Sci.Edu* **5** 1269-81
- [33] Sari D R U, Wahyuni S dan Bachtiar R W 2018 *J.Pembela.Fis* **1** 100-7
- [34] Gumilang G S 2016 *J.Fokus.Konsel* **2** 144-59
- [35] Creswell et al. 2003 Research design qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. *Int.Edu.Prof.Publish* <http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic1334586.files/2003>
- [36] Praba A D 2018 *IJSE – Indonesian Journal on Software Engineering* **1** 93-7
- [37] Wahyuni M 2018 *J. Cendekia: J.Pend.Mat* **1** 62-9

ykfgdDXd

Scientific Research Trend on Creativity in Physics Learning Based on Scopus Database (2011-2020)

Mukhayyarotin Niswati Rodliyatul Jauhariyah^{1*}, Titin Sunarti², Wasis³, Woro Setyarsih⁴, Abu Zainuddin⁵, Siti Fatimah⁶, Khaerus Syahidi⁷, Nur Shabrina Safitri⁸

^{1,2,3,4,5} Physics Department, Universitas Negeri Surabaya, INDONESIA

⁶ Faculty of Tarbiyah, Nahdlatul Ulama Islamic Institute of Kebumen, INDONESIA

⁷ Physics Department, Universitas Hamzanwadi, INDONESIA

⁸ Principle of Education Department, School of Education, Central China Normal University, CHINA

*Corresponding email: 1mukhayyarotinjauhariyah@unesa.ac.id

Abstract. This paper aims to describe the scientific research trend on creativity in physics learning. Bibliometric analysis was used in this study to explore more about creativity in physics learning in the Scopus database (2011-2020). The total sample is 179 documents. Not much research on creativity in physics learning until 2018, a significant increase occurred in 2019 with 54 documents then dropped to 42 documents in 2020. All data is then stored in the form of RIS extraction for bibliometric analysis using VOSviewer software. The trend of top co-author based on the total documents lead by Gunawan, followed by Harjono, Herayanti, Sunarno. Then Amir, Festiyed, Gregorcic, Prahani, Astutik, Bentri. The top five authors based on the total citation are Kao et al., Xing et al., Lou et al., Cady, and Suyidno et al. The map result shows that there are four main clusters, namely red cluster, blue cluster, green cluster, and yellow cluster. Red cluster discussed the knowledge. Blue cluster discussed the implementation. Green cluster discussed the test and instrument. Yellow cluster discussed the tools. Based on the exploration of bibliometric analysis, there are some recommendations. The general recommendations for further research are to explore the metadata through meta-analysis for the research on creativity in physics learning. Besides, it need research views on approaches/strategies, tests, instruments, thinking processes, and characteristics of students and subject matter as a whole that must be considered as a whole in carrying out physics learning to increase creativity in realizing SDGs in the Society 5.0.

1. Introduction

Sustainable development (SD) is an issue that is being intensively echoed to save the next generation. SD is also one of the biggest challenges in the 21st century [1]. At the same time, the development of SD issues was also accompanied by the story of information and communication technology (industrial revolution 4.0) and continues to this day. Today, we are in the society 5.0 era and are still trying to realize sustainable development goals (SDGs).

Society 5.0 is the new super-intelligent society where the different occupations are finely differentiated and fulfilled [2]. It is estimated to promote competitive development and solve social problems by evolving capable localities or super-cities (Smart-cities) [3]. Society 5.0 aiming for a new

human-centred society, the frameworks and technology developed here will no doubt contribute to resolving societal challenges [4]. Figure 1 show the concept of Society 5.0 for SDGs.



Figure 1. Society 5.0 for SDGs [4]

System thinking competence, interpersonal competence, strategic competence, normative competence, and anticipatory competence are the fundamental competencies of sustainability [5]. Research during the last decade has demonstrated how new social practices evolve due to the increased use of new digital technologies. Such practices create preconceptions of critical competencies and skills, not defined from a systems-level but the everyday lives of people in our societies [6]. The competencies need some skills or complex thinking skills. Zeltina integrated ESD with design thinking (DT) criteria (empathy, creativity, collaboration, responsibility, and interdisciplinary approach) to develop socially responsible and environmentally sustainable products and services [7]. Efforts to realize the SDGs in this era of society 5.0 require 21st-century skills, often known as 7 C's (Critical Thinking, Creativity, Communication, Collaboration, Career & learning self-reliance, Cross-cultural understanding, Computing/ICT literacy) [8-9]. Based on the Scopus database, the number of publications that examine the 7 competencies of the 21st century can be traced. Table 1 shows the record of the Scopus database about 21-st century skills for all years that access on August 6th 2021.

Table 1. The number of Scopus documents about the 21st-century skills (7C's) for all year

7 C's century skills		7 C's in physics learning		
Skills	The number of documents	Skills	The number of documents	Percentage (%)
Critical thinking	38,635	Critical thinking in physics learning	383	0.99
Creativity	72,751	Creativity in physics learning	233	0.32
Communication	2,131,142	Communication in physics learning	900	0.04
Collaboration	323,391	Collaboration in physics learning	451	0.14
Career & learning self-reliance	20	Career & learning self-reliance in physics learning	0	0
Cross-cultural understanding	7,756	Cross-cultural understanding in physics learning	2	0.03
Computing/ICT literacy	143	Computing/ICT literacy in physics learning	9	6.23

Based on Table 1, we know the number of publications in physics learning about 21st-century skills. Some of the basic principles and stages of DT, such as empathy, creativity, collaboration, responsibility and interdisciplinary approach, have been tested by evaluating students' project work regarding integrated ESD and DT criteria [7]. One of the 21st-century competencies that need to be considered to realize the SDGs is creativity. Several studies have shown a link between creativity and efforts to realize the SDGs [10]. Creativity is an essential part of learning for sustainability [11].

Creativity is also a multidimensional ability influenced by various factors of specific social environments [12]. However, not too many studies in physics learning. For this reason, efforts are needed to foster student creativity in every learning activity, including physics subjects [13].

Mapping was carried out using bibliometric analysis assisted by VOS viewer software to further map research trends in creativity in physics learning. This research focuses on obtaining information on the development of creativity in physics learning research. The implication is that this research will show a mapping that can be followed up with experimental study or other types of research. This research was conducted as an initial stage before continuing the investigation to the next step.

2. Method

This type of library research aims to analyze research trends in creativity in physics learning for ten years (2011-2020) using bibliometric analysis with a qualitative approach [14-16]. The qualitative approach in this study is to describe secondary data from the Scopus database on August 06, 2021, with the category of the article, title, abstract. Total documents for all years based on the keywords "creativity in physics learning" is 423 documents. For the analysis of trend research on physics learning (2011-2020), the searching category used the strategy:

TITLE-ABS-KEY (creativity AND in AND physics AND learning) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011))

The database is saved in the form of .csv and .ris for further analysis. Microsoft Excel and the VosViewer application are used to visualize raw data into tables, graphs and maps [17-19]. The results of the mapping by the VOSviewer software are then used to analyze the mapping of creativity research in physics learning. The analyze of bibliometric based on indicators, including the area of research, source documents, publications, source documents, distribution of countries and institutions, authors, number of citations, and author keywords, have been frequently used to analyse trends [20-22]. But, in this paper, limited to the source documents, authors, institution, the number of citation, and the keywords.

3. Discussion

The search results of the keyword strategy presented in the method are 179 documents. Figure 1 show the trend of the publication number during 10 years (2011-2020). Research related to creativity in physics learning has not become a trend or not much in demand by international researchers until 2018 (less than 20 documents per year). There was a drastic increase in 2019 with 54 documents and a less significant decrease in 2020 with 42 documents.

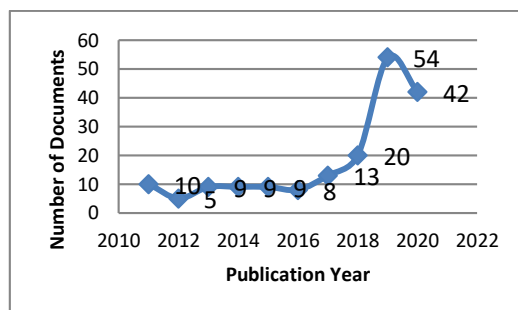


Figure 2. Research trend on the number of publication during 10 years later.

All of these documents come from Conference Paper (106), Article (48), Conference Review (10), Book Chapter (6), Book (4), Note (2), Review (2) and Editorial (1). The top ten scientific publications that have published about creativity in physics learning are Journal of Physics Conference Series (64),

Physics Teacher (5), AIP Conference Proceedings (4), IOP Conference Series Materials Science and Engineering (4), Physics Education (4), ASEE Annual Conference And Exposition Conference Proceedings (3), European Journal of Physics (2), International Conference on Information Science and Communications Technologies Applications Trends and Opportunities ICISCT 2019 (2), International Journal of Scientific and Technology Research (2), International Journal of Scientific and Technology Research (2), and Journal for The Education of Gifted Young Scientists (2).

Gunawan has five documents of creativity in physics learning. Four documents owned by Harjono, Herayanti, and Sunarno. Amir, Festiyed, Gregorcic, and Prahani have three documents each other. Then, Astutik and Bentri have two documents each other. The top five contributor in the research on creativity in physics learning are Universitas Negeri Surabaya (10), Universitas Negeri Padang (10), Universitas Pendidikan Indonesia (8), Universitas Sebelas Maret (7), and Universitas Mataram (6).

Besides the top authors based on the total documents, we also analyze the top authors based on the total citation. The following the top five citation on the research of creativity in physics learning. Kao et al. Dominates the citation in the publication documents in the fields of creativity in physics learning (34 citations). Followed by Xing et al. (31), Lon et al. (31), Cady (31), and Suyidno (29). All of them discussed and study the creativity as the skills that very important in the 21st-century skills [23-27].

Based on the Scopus database that stored in the form of RIS extension, bibliometric analysis was performed using VOSviewer software. Figure 3 shows the network visualization for the research on creativity in physics learning. It shows that there are four main clusters. The first one is red cluster, then green cluster, blue cluster, and yellow cluster.

The red cluster discussed the approach, paper, knowledge, understanding, concept, curriculum, work, role, issue, etc. The blue one discussed the implementation of creativity in physics learning, high school student, instrument, system, quality, science process skills, etc. The green cluster discussed the test of creativity in physics learning related with the scientific creativity, responsibility, students creativity, aspect, effect, group, increase, etc. Whereas the yellow cluster discussed the tool, the use, competency, science learning, learning tool, etc. The bigger of the circle on the map, the more discussion about it. Each keywords has the networking with the other one. If this data of keywords show in the density visualization, it looks like in Figure 4.



Figure 3. Network visualization on the research of creativity in physics learning.

In the Figure 4, the darker the yellow color, the more discussion about these keywords in creativity research in physics learning. Based on the density visualization on the Figure 4, we know the topic that frequently discussed in the field of creativity in physics learning. There are approach, knowledge, engineering, test, game, tool, and use. The keywords approach, knowledge, and concept is in the red cluster (see Figure 3). It means that the red cluster discussed about the knowledge of creativity in physics learning. Not too many researchers discussed about the implementation of creativity in physics learning because the blue cluster area on the previous map does not show a solid yellow color on the density visualization map. From the green cluster, we can find the solid density on the keyword of test. It means that the main discussion in the green cluster is about the test. Whereas for the yellow cluster, the solid density consist of the tool, game, and use.

Creativity refers to the abilities that are most characteristic of creative people [28]. Creativity is related with the psychology literature that covered the three aspects. There are creativity as effect (works of art, physical theories, etc.), creativity as the cause (psychological factors that give rise to creativity), and creativity as interaction, the degree to which one's environment fosters creativity) [29]. Creativity is the first step of innovation [30]. Creativity as a thinking skill needs the way to encourage or implement in the learning. Some researchers develop many approaches or models of learning to increase these skills. Including CRBT, CRBL, CCL, and the other [27, 31-33].

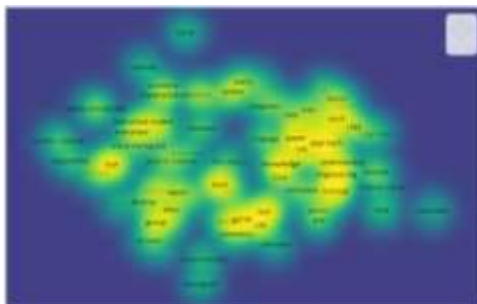


Figure 4. Density visualization on the research of creativity in physics learning.

The strategies to encourage creativity in the physics learning related to some keywords in some clusters, not only with the red group (see Figure 5). What's interesting about this visualization network map is that the approach is not only related to blue, green and yellow clusters. There is a small purple cluster which is also associated with the approach in the red cluster. Namely characteristic and inquiry (see Figure 6).

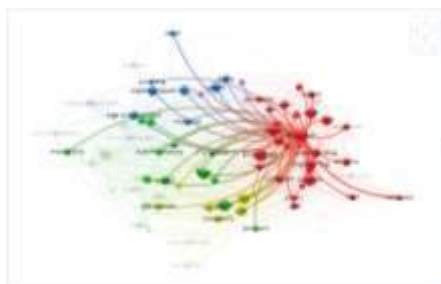


Figure 5. Network visualizatон from the keyword approach in the red cluster.

As we know from the visualization, each keyword has the network to other clusters. It is interesting to search deeply about the relation between each keywords on the clusters. We recommend to the next study to explore the metadata through meta-analysis for the research on creativity in physics learning. For example, the relationship between approach and characteristic (See Figure 6a). There we can find another network formed by characteristic. We can examine this based on educational psychology theory regarding how we understand the characteristics of the approach associated with student characteristics, associated with material characteristics, associated with teacher characteristics, so that we can recommend the most appropriate approach to train creativity in physics learning. Another example, we found that there are relation between the inquiry with students creativity (see Figure 6b). We recommend for further study to explore the to explore the extent to which inquiry plays a role in student creativity. How does it compare with the implementation of other learning models if you want to increase student creativity.

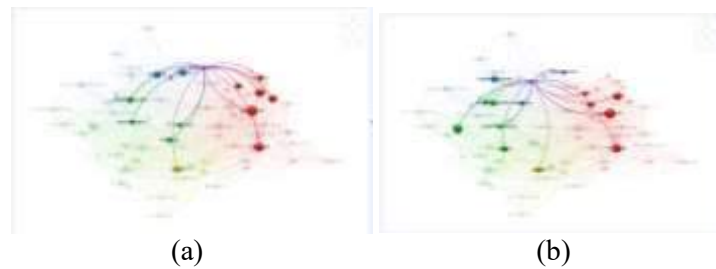


Figure 6. the network visualization for the keywords (a) characteristic and (b) inquiry.



Figure 7. The network visualizatoin from the keyword test in the green cluster.

The most dense topic in the green cluster is test. Based on Figure 7, we know the network visualization of it topic. Test also has networking to all clusters. Test related to knowledge, concept, paper, information, and goal in the red cluster. It means that before we develop the creativity test, we must understand the knowledge, concept, information, goal about the creativity test through read the paper. Then, the test has networking to the use, tool, and competency in the yellow cluster. It means that, if we want to develop the creativity test, we must notice the competency of the creativity in physics learning. We also notice the use of the test, is it as a tool to measure the creativity or not? In the blue cluster, we found system, high school student, science process skills, critical thinking skills, implementation, medium, and Indonesia.

From it networking, we can interpret that the test on creativity in physics learning is a system. Not only the final product. As we know that creativity as effect, creativity as the cause, and creativity as interaction [3], we need system to implement the skills of creativity. So, the hope of creativity as the important skills to realize the SDGs in the Society 5.0 can really come true [10-11]. Until now, creativity tests are still being carried out in high schools students if we look at the metadata in the visualization of Figure 7. The recommendation that can be given is that creativity in physics learning can be implemented at every level of education by taking into account the characteristics of the material and the characteristics of students in order to contribute in an effort to realize the SDGs in the era of Society 5.0. We also need to understand other thinking skills when compiling creativity tests. Creativity and critical thinking differ from each other [30]. Of course it different too with another skills. Each skill has its own characteristics. If we understand its characteristics, then we will be able to distinguish between creativity and other thinking skills.

We need the instrument to do the test of creativity in physics learning. Figure 8 shows the visualization from the keyword of instrument. Instruments are closely related to tests, in developing test instruments, we must pay attention to several things related to tests as discussed earlier. Therefore, Figure 8 shows some of the same networks as the test. Other things that need to be considered in preparing the instrument apart from the explanation about the network test are quality and motivation (from the blue group). The network instruments on the red cluster are curriculum, goals, papers. Meanwhile for the yellow cluster are competencies and tools and for the green cluster are aspects and female students.

The meaning of the visualization in Figure 8 is that when compiling the creativity test instrument in physics learning, you must pay attention to quality. If creativity is still in the stage of growing creativity, it is necessary to pay attention to the motivation that is built so that students can have good

creativity. Of course, we must analyze the curriculum and determine goals based on the study of the curriculum and physics learning materials before compiling the instrument. Reading papers is also an effective way to find standard references for developing creative instruments. Instrument is a tool to measure student competence, which in this case is creativity. Thus, instrument compilers must understand what aspects and competencies need to be measured to determine the extent to which students' creativity is measured by their abilities. Apart from that, the characteristics of students whose competence is measured also need to be considered, for example what has been done is based on gender. The study of the characteristics of this section can be further expanded, for example based on the level of education, socio-cultural background, and so on. So that the results of measuring creativity in students can also be linked to other 21st century competencies, such as cross-cultural understanding or career & learning self-reliance.



Figure 8. The network visualization from the keyword instrument in the blue cluster.

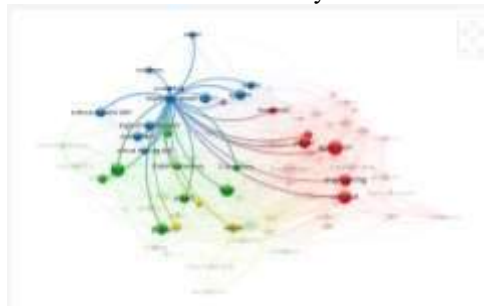


Figure 9. The network visualization from the text implementation in the blue cluster.

Duli Pllana found that six countries gave a lot of space to creativity in curricula even though essentially they fail to materialize it in the school districts [30]. Let's we see Figure 9 to explore the implementation of creativity in physics learning. The implementation has networking to all of the clusters. It means that we must give pay attention in a whole system when implement the creativity in physics learning. Not only the concept of creativity in physics learning as in the red cluster, but also system, the other skills (21st-century skills), the learning process (science process skills), the student characteristics (high school student or the other level), the assessment (student's creativity, test, instrument, level, aspect), and all of components that related to the implementation of learning to increase students' creativity in physics learning. So, we can not only submit the creativity in the curricula, but also plan the strategies/methods/approach appropriate the characteristics of the creativity itself, the students, and the subject materials then implement it in a whole system also assess the learning process and the learning product based on the goals.

4. Conclusion

The conclusion of this study are about the trend of the research on creativity in physics learning, the top author based on the documents and citations, and the finding of literature study based on the bibliometric analysis. The trend of the research on creativity in physics learning almost flat until 2018 (is in the range of 10) and started to rise to 20 documents in 2018 then increased drastically in 2019

then decreased slightly in 2020. The findings of the bibliometric analysis based on text data visualized by VOSviewer are the main groups, that is four main clusters (namely red cluster, blue cluster, green cluster, and yellow cluster). Based on the four clusters, the exploration more about the approach, test, instrument, and implementation studied and give some recommendations. The recommendation about the approach is to explore the metadata through meta-analysis for the reseach on creativity in physics learning especially about the characteristic and inquiry. The test on creativity in physics learning is a system, the recommendation is creativity in physics learning can be implemented at every level of education by taking into account the characteristics of the material and the characteristics of students in order to contribute in an effort to realize the SDGs in the era of Society 5.0. Instruments are closely related to tests, so we must plan the instrument as a whole based on the curriculum, process, and the competencies. Whereas for the implementation, we must look it as a whole system so that the planning of creativity in physics learning can be implement and assess properly.

5. Acknowledgement

Thank you to Universitas Negeri Surabaya. It preliminary research is part of the policy research of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences Universitas Negeri Surabaya based on Decree No. 836/UN38/HK/PM/2021 date 22 June 2021 with the research contract number B/35437/UN38.3/LT.02/2021. It is the part of the research on the physics learning assessment expertise in Undergraduate Programme of Physics Education.

References

- [1] Ramisio P J, Pimto L M C, Gouveia N, Costa H and Arezes D 2019 *J. Clean. Prod.* **222** 300-309
- [2] Nigrini V and Giovanna 2019 *Region and Society* **25** (57) 273-284
- [3] Alvarez-Cedillo J, Aguilar-Fernandez M, Sandoval-Gomez R J, Alvarez-Sanchez T 2019 *Int. J. Eval. Res. Educ.* **8** 693~698
- [4] Fukuyama M 2018 *Japan SPOTLIGHT* • July / August 2018 (Special article)
- [5] Schank C and Rieckmann M 2019 *Journal of Education for Sustainable Development* **13** (1) 67–91
- [6] Griffin P, McGaw B, Care E 2012 *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (London New York: Springer)
- [7] Zeltina M. 2020 *International Multidisciplinary Scientific Geoconference: Ecology, Economics, Education and Legislation, SGEM* **5** (2) 787 - 794
- [8] Jumaeda S 2015 *Jurnal Harian Pendidikan* **10** (2) 163–174.
- [9] Masitoh S 2018 *Proceedings of the ICECRS* **1** (3) 13–34
- [10] Sandri O J 2013 *Environmental Education Research* **9** (6) 765-778
- [11] Rosyida U N, Sukarmin, Sunarno W 2019 *7 Journal of Physics: Conference Series* **1567** (4) 042024
- [12] Gelade G A 2002 *Genetic, Social, and General Psychology Monograph* **128** 213-234
- [13] Jauhariyah M N R, Hariyono E, Abidin E N, Prahani B K 2019 *Journal of Physics: Conference Series* **1417** (1)
- [14] Agbo F J, Oyelere S S, Suhonen J, and Tukiainen M 2021 *Smart Learning Environments* **8** (1) 1
- [15] Zyoud S H *Globalization and Health* **17** (1) 31
- [16] Kulakli A and Osmanaj V 2020 *Int. J. of Online and Biomedical Engineering* **16** (2) 31-46
- [17] van Eck N J and Waltman L 2018 VOSviewer manual. Retrieved from https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.8.pdf
- [18] Desiriah E and Setyarsih W 2021 *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika* **7** 79–89
- [19] Yanuarti E A and Suprpto N 2021 *Studies in Philosophy of Science and Education* **2** (1) 7–16
- [20] Chen H and Ho Y S 2015 *Renew. Sustain. Energy Rev.* **49** 12–20
- [21] Yang L, Sun T, and Liu Y 2017 *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* **12** (06) 178–186
- [22] Dong B, Xu G, Luo X, Cai Y, and Gao W 2012 *Scientometrics* **93** (3) 1101–1117
- [23] Kao G Y M, Chiang C H, Sun C T 2017 *Computers and Education* **113** 294-312
- [24] Xing L, Krupinski E A, Cai J 2018 *Medical Physics* **45**(5) 1791-1793
- [25] Lou S J, Chou Y C, Shih R C, Chung, C C 2017 *Eur. J. Math. Sci. Technol. Educ.* **13**(6) 2387-2404
- [26] Cady, F. 2017 *The Data Science Handbook* (Book) pp. 1-396
- [27] Suyidno, Nur M, Yuanita L, Prahani B K, Jatmiko B 2019 *J. Baltic Sci. Educ.* **17**(1) 136-151
- [28] Guilford J P *Creativity* (University of Southern California)
- [29] Guilaran J 2012 *The Physics Teacher* **50** (1) 3670085
- [30] Duli Pllana 2019 *World Journal of Education* **9** (2)
- [31] Astutik S and Prahani B K 2018 *Int. J. Instr.* **11**(4) 409-424
- [32] Astutik S and Prahani B K 2018 *J. Penelit. Fis. Apl.* **8**(2) 91-105
- [33] Suyidno, Susilowati E, Arifuddin M, Misbah, Sunarti T, and Dwikoranto 2019 *J. Penelit. Fis. Apl.* **09**(02) 178-188

REPORT TITLE



Pengembangan Instrumen Keterampilan Abad 21

22 November 2021

*Instrumen Kemampuan
Pemecahan Masalah Fisika*

*Tim Asesmen Hasil Belajar &
Pembelajaran Fisika*

Jurusan Fisika, FMIPA, Unesa

Pengantar

Instrumen kemampuan pemecahan masalah fisika ini dimaksudkan untuk mendapatkan contoh instrumen standar yang mengukur salah satu keterampilan abad 21. Instrumen dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan penilaian keterampilan abad 21 di Jurusan Fisika FMIPA Unesa, baik untuk kebutuhan asesmen dan evaluasi pembelajaran di selingkung Jurusan, maupun untuk contoh mahasiswa dalam mempraktekkan kemampuan pedagogik di jenjang kuliah maupun di tingkat sekolah.

Pengembangan instrumen kemampuan pemecahan masalah melibatkan materi mekanika pada mata kuliah Fisika Dasar 1. Kemampuan pemecahan masalah khususnya di bidang Fisika perlu dilatihkan sejak awal perkuliahan agar tumbuh menjadi habituasi yang mewarnai atmosfir akademik Jurusan Fisika Unesa.

Fisika sangat kental dengan konsep-konsep dasar yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari masyarakat dan menjadi pondasi perkembangan teknologi saat ini dan masa depan.

Begitu banyak masalah ditemukan di sekeliling pebelajar, maka empati mahasiswa harus ditajamkan agar mampu menyelesaikan masalah yang dihadapinya.



Review Pengembangan Instrumen Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika

Pemecahan masalah sering digambarkan sebagai prosedur - langkah bijaksana strategis seperti: a) mendefinisikan masalah, b) menganalisis masalah, c) mengumpulkan data yang sesuai, d) memformulasikan solusi yang memungkinkan, e) mengevaluasi solusi yang mungkin, f) memilih solusi terbaik dan g) menggeneralisasi hasil untuk kasus serupa lainnya (Harithy, 2000; Alshamali, M A. & Daher, W.M., 2015; Sujarwanto et al., 2014; Abdulfattah & Supahar, 2019). Beberapa tahapan pemecahan masalah disajikan dengan lebih ringkas: a) Visualize the problem, b) Describe the problem in physics description, c) Plan the solution, d) Check and evaluate (Heller et al., 1991; Young & Freedman, 2012; J. Doctor, 2016)

HEADING

Indikator kemampuan pemecahan masalah fisika yang digunakan dalam pengembangan instrument meliputi: 1) Mengenali masalah, 2) Merencanakan strategi, 3) Menerapkan strategi, dan 4) Mengevaluasi solusi

Kisi-Kisi Instrumen Pemecahan Masalah Fisika

Kisi-Kisi Pengembangan Instrumen Pemecahan Masalah

Mata Kuliah : Fisika Dasar I

Materi : 1. Mekanika (Kinematika Partikel, Dinamika Partikel, Impuls-Momentum, Usaha-Energi, Fluida, Elastisitas, Getaran-Bunyi)
2. Termofisika (Suhu-Kalor, Perpindahan Kalor, Gas Ideal, Hukum Termodinamika)

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK):

1. Mampu menjelaskan konsep dan prinsip dasar kinematika, dinamika partikel dan dinamika rotasi, getaran, perpindahan panas serta termodinamika
2. Menguasai materi, struktur, dan konsep ilmu fisika serta penerapannya dalam teknologi
3. Menggunakan konsep fisika dasar dan metode matematika yang tepat untuk mendapatkan solusi masalah kuantitatif dalam fisika

Indikator kognitif:

1. Menganalisis permasalahan fisika dalam kehidupan sehari-hari dengan menerapkan konsep fisika dasar dan metode matematika untuk mendapatkan solusi masalah
2. Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik.

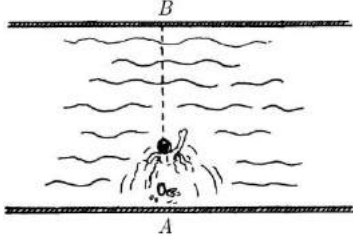
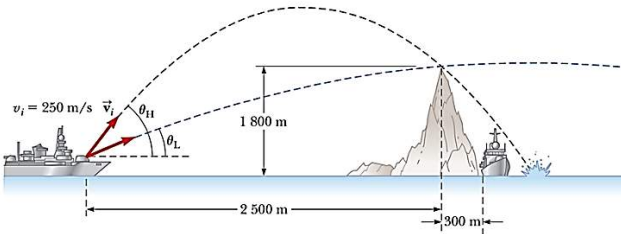
Proses pemecahan masalah:

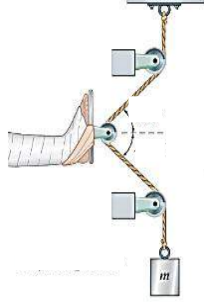
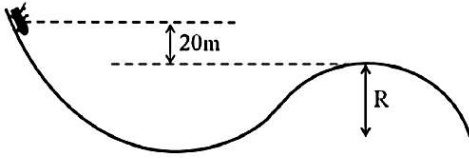
1. Mengenali masalah dengan baik dan benar
2. Menentukan strategi penyelesaian masalah yang mungkin dengan baik
3. Menerapkan strategi penyelesaian masalah dengan baik
4. Memberikan argumen/saran/pertimbangan terkait penentuan solusi terbaik dari masalah

Tahapan dan Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika

Tahap/Proses	Indikator tahapan/proses
Mengenali masalah	• Identifikasi masalah berdasarkan konsep dasar (<i>deep feature</i>) • Membuat daftar besaran yang diketahui • Menentukan besaran yang ditanyakan
Merencanakan strategi	• Membuat diagram benda bebas/sketsa yang menggambarkan permasalahan • Menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah
Menerapkan strategi	• Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan • Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih
Mengevaluasi solusi	• Mengevaluasi kesesuaian dengan konsep • Mengevaluasi satuan

Indikator	No	Bentuk		Item Soal	Proses/indikator pemecahan masalah	skor
		Soal	Jawaban			
Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan	1	Essay	Terlampir	Syahron bersama temannya Malik berlomba untuk menyebrangi sungai. Mereka bertarung strategi tercepat dalam mencapai titik tujuan di seberang sungai seperti pada gambar. Syahron selalu berusaha berenang pada garis lurus AB dan Malik berenang tegak lurus arus sungai. Jika kecepatan arus 2 km/jam dan hasil kesepakatan mereka berenang dengan kecepatan yang sama terhadap air yaitu 2,5 km/jam, siapakah yang tepat mencapai titik tujuan? Agar keduanya tiba dalam waktu yang sama di tempat tujuan, dia yang belum mencapai	1. Mengenali masalah 2. Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	1 2 3 4

Indikator	No	Bentuk		Item Soal	Proses/indikator pemecahan masalah	skor
		Soal	Jawaban			
an solusi terbaik				tujuan harus berjalan cepat mencapai titik tujuan. Prediksikan berapa kecepatan minimum berjalan yang harus dilakukannya agar tidak terlambat! 		Skor total : 10
Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik	2	Essay	Terlampir	Untuk bisa mencapai lokasi sekolah, Mustofa, siswa kelas XI harus menyebrangi sungai menggunakan “gethek” bambu seluas $100 \times 200 \text{ cm}^2$. Karena waktu sudah menunjukkan pukul 06.40 WIB, Mustofa harus mempercepat laju getheknnya minimal 2 kali kecepatan aliran sungai. Berikan saran pada Mustofa kemana gethek harus diarahkan agar pengaruh arus dapat dikurangi sebanyak mungkin.	1. Mengenali masalah 2. Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	1 2 3 4 Skor total : 10
Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik	3	Essay	Terlampir	Ketika Raisya dalam perjalanan pulang sekolah, hujan turun deras dengan kecepatan 20 m/s secara vertikal. Segera Raisya membuka payungnya. Beberapa saat kemudian angin bertiup dengan kecepatan 30 m/s dari timur ke barat. Kemana Raisya harus mengarahkan payungnya agar tidak keujanan? Berapa tekanan yang diterima tangan Raisya bila massa air hujan persatuan luas persatuan waktu diperkirakan $15 \text{ kg/m}^2\text{s}$.	1. Mengenali masalah 2. Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	1 2 3 4 Skor total : 10
Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik	4	Essay	Terlampir	Di perairan kepulauan pasific, sebuah kapal musuh berada di sisi timur pulau pegunungan seperti yang ditunjukkan pada gambar. Kapal musuh telah bermanuver dalam jarak 2.500 m dari puncak gunung setinggi 1.800 m dan dapat menembakkan proyektil dengan kecepatan awal 250 m/s. Supaya terlindung dari pemboman kapal musuh, dimanakah kapal tersebut harus ditempatkan, jika diketahui jarak garis pantai barat secara horisontal 300 m dari puncak gunung. Berikan saran terbaik Anda! 	1. Mengenali masalah 2. Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	1 2 3 4 Skor total : 10

Indikator	No	Bentuk		Item Soal	Proses/indikator pemecahan masalah	skor
		Soal	Jawaban			
Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik	5	Essay	Terlampir	Perangkat traksi yang terdiri dari tiga katrol diterapkan pada kaki yang patah, seperti ditunjukkan pada sketsa. Katrol tengah dilekatkan pada telapak kaki dengan posisi tali masing-masing 40° terhadap sumbu katrol, dan sebuah massa m digantung pada katrol bawah. Dokter menginstruksikan perawat untuk memasang beban m agar gaya yang dihasilkan katrol pada kaki sebesar 165 N. Beban penggantung yang tersedia hanya 8 kg, 12 kg, dan 15 kg. Bantulah perawat menentukan massa beban yang harus digantung dan pastikan agar traksi dapat berfungsi dengan baik. Berikan pula penjelasan apa pengaruhnya pada kaki pasien bila massa yang digantung lebih besar atau lebih kecil dari yang diperlukan. 	1. Mengenali masalah 2. Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	1 2 3 4 Skor total : 10
Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik	6	Essay	Terlampir	Anda ditugaskan untuk merancang rollercoaster. Sebagai bagian dari desain, lintasan menurun secara bertahap dibuat sedemikian hingga mencapai bukit kecil berbentuk setengah lingkaran dengan ketinggian R. Anda menghendaki kecepatan kereta rollercoaster akan menjadi $18,5 \text{ m/s}$ ketika kereta berada 20 m di atas ketinggian bukit berikutnya. Berapa ketinggian minimum bukit yang harus Anda tentukan agar memungkinkan kereta tersebut tidak meninggalkan permukaan lintasan di puncak bukit? Sebutkan asumsi yang Anda terapkan dalam merancang rollercoaster tersebut. 	1. Mengenali masalah 2. Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	1 2 3 4 Skor total : 10
Mengevaluasi penerapan konsep dan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik	7	Essay	Terlampir	Di persimpangan jalan malam itu sebuah mobil sedan bermassa $1,50 \times 10^3 \text{ kg}$ melaju kencang ke arah timur dengan kecepatan 25 m/s bertabrakan dengan sebuah van bermuatan penuh $2,50 \times 10^3 \text{ kg}$ yang bergerak ke utara dengan kecepatan $20,0 \text{ m/s}$. Prediksikan dimanakah lokasi puing-puing kedua mobil tersebut dapat ditemukan bila saksi mata kejadian menyatakan bahwa bunyi tabrakan yang terdengar hingga sunyi kembali sekitar 2 menit dan posisi kedua mobil saling menempel. Sebutkan asumsi yang mendukung penyelesaian Anda.	1. Mengenali masalah 2. Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	1 2 3 4 Skor total : 10
Mengevaluasi penerapan konsep dan	8	Essay	Terlampir	Bagus memiliki sebuah jam antik yang memanfaatkan periode gerak ayunan bandul untuk gerakan mesin jamnya. Saat diperhatikan lebih lanjut, ternyata jam antik	1. Mengenali masalah	1

Indikator	No	Bentuk		Item Soal	Proses/indikator pemecahan masalah	skor																		
		Soal	Jawaban																					
metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi terbaik				tersebut selalu lebih lambat dari seharusnya. Jika Bagus ingin menyelidiki pengaruh panjang tangkai bandul pada periode getaran bandul jam antiknya, telah tersedia satu buah statif, tiga buah bandul, serta 3 buah tali dengan panjang masing-masing sebagai berikut 20 cm, 30 cm, dan 40 cm, 50 cm, 60 cm.	2.Merencanakan strategi 3. Menerapkan strategi 4. Mengevaluasi solusi	2 3 4 Skor total : 10																		
				a) Rancangan percobaan yang bagaimana yang harus Bagus lakukan? Tulis apa saja yang diketahui dan buatlah sketsa rancangan percobaannya! b) Sebut dan jelaskan konsep fisika apa saja yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut! c) Persamaan apa yang harus digunakan untuk mencari periode getaran? Jelaskan tiap simbol pada persamaan tersebut! d) Jika diperoleh data percobaan sebagai berikut,<table><tr><th>No</th><th>Panjang tali (cm)</th><th>Jumlah ayunan</th><th>Lama ayunan (s)</th></tr><tr><td>1</td><td>20</td><td>10</td><td>8,90</td></tr><tr><td>2</td><td>30</td><td>10</td><td>10,90</td></tr><tr><td>3</td><td>40</td><td>10</td><td>12,60</td></tr><tr><td>4</td><td>50</td><td>10</td><td>12, 95</td></tr><tr><td>5</td><td>60</td><td>10</td><td>13,40</td></tr></table> Berapa periode masing-masing percobaan tersebut? e) Apa kesimpulan yang kamu dapatkan dari permasalahan tersebut? f) Apa yang harus dilakukan Bagus agar gerakan bandul jam antiknya lebih cepat?			No	Panjang tali (cm)	Jumlah ayunan	Lama ayunan (s)	1	20	10	8,90	2	30	10	10,90	3	40	10	12,60	4	50
No	Panjang tali (cm)	Jumlah ayunan	Lama ayunan (s)																					
1	20	10	8,90																					
2	30	10	10,90																					
3	40	10	12,60																					
4	50	10	12, 95																					
5	60	10	13,40																					

Referensi:

- Raymond A. Serway and Chris Vuille. 2015. College Physics, Tenth Edition Volume 1. Cengage Learning 200 First Stamford Place, 4th Floor Stamford, CT 06902 USA.
- Syarif Rokhmat Hidayat, Anggi Hanif Setyadin, Hermawan, Ida Kaniawati, Endi Suhendi, Parsaoran Siahaan, Achmad Samsuding. 2017. JPPPF - Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika Volume 3 Nomor 2, Desember 2017. p:157.
- Sujarwanto, E., Hidayat, A., Wartono. 2014. Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Pada *Modeling Instruction* pada Siswa SMA Kelas XI. JPPI 3 (1) (2014) p:65-78.
- Walker, James S. 2017. Physics/James S. Walker, Western Washington University. Fifth edition. San Francisco: Pearson Addison-Wesley.

Kunci Instrumen Pemecahan Masalah Fisika

Draft Pengembangan Instrumen Pemecahan Masalah

Matakuliah : Fisika Dasar 1

Kompetensi Dasar :

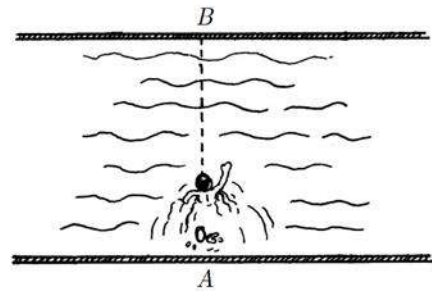
PLO 1 : mampu berpikir kritis dan menggunakan konsep yang tepat untuk menganalisis secara kualitatif masalah atau situasi yang melibatkan fisika.

PLO 3 : menggunakan konsep fisika dan metode matematika yang tepat untuk mendapatkan solusi dari masalah kuantitatif dalam fisika.

Tambahan: terampil dalam memecahkan permasalahan fisika dalam kehidupan sehari-hari.

Item instrumen 1

Syahron bersama temannya Malik berlomba untuk menyebrangi sungai. Mereka bertaruh strategi tercepat dalam mencapai titik tujuan di seberang sungai seperti pada gambar. Syahron selalu berusaha berenang pada garis lurus AB dan Malik berenang tegak lurus arus sungai. Jika kecepatan arus 2 km/jam dan hasil kesepakatan mereka berenang dengan kecepatan yang sama terhadap air yaitu 2,5 km/jam, siapakah yang tepat mencapai titik tujuan? Agar keduanya tiba dalam waktu yang sama di tempat tujuan, dia yang belum mencapai tujuan harus berjalan cepat mencapai titik tujuan. Prediksikan berapa kecepatan minimum berjalan yang harus dilakukannya agar tidak terlambat!



Pemecahan masalah:

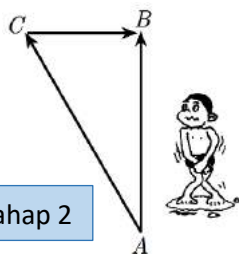
Diketahui: $v_{\text{arus}} = 2 \text{ km/jam}$ $v_{0\text{-Syahroni}} = v_{0\text{-Malik}} = 2,5 \text{ km/jam}$

Arah berenang Syahron (S) berupaya lurus dengan garis AB

Arah berenang Malik (M) selalu tegak lurus arus sungai

Tahap 1

Ilustrasi gerakan Syahron mencapai tempat tujuan (AB):



Tahap 2

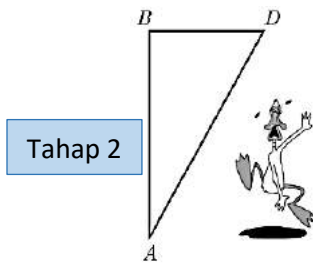
Syahron harus mengarahkan dirinya pada titik C agar ia dapat berenang sepanjang garis AB.

Karena $V_{AC} = 2,5 \text{ km/jam}$ dan $V_{CB} = 2 \text{ km/jam}$ maka $V_{AB} = 1,5 \text{ km/jam}$ (gunakan rumus Phytagoras).

Waktu dari A ke B adalah: $(t_{AB})_{\text{Syahroni}} = \frac{AB}{v_{AB}} = \frac{AB}{1,5}$
(gunakan formula GLB)

Tahap 3

Ilustrasi gerakan Malik mencapai tempat tujuan (AB):



Malik pertama mencapai titik D. Dari D ia berjalan kaki ke B.

Waktu dari A ke D adalah:

$$t_{AD} = \frac{AD}{v_{AD}} = \frac{AB}{v_{t-Malik}} = \frac{BD}{v_{arus}}$$

dari persamaan di atas kita peroleh,

$$BD = \frac{v_{arus} \cdot AB}{v_{t-Malik}} = \frac{2}{2,5} AB$$

Waktu yang diperlukan Malik dari A ke B:

$$(t_{AB})_{Malik} = t_{AD} + t_{BD} = \frac{AB}{v_{Malik}} + \frac{BD}{v_{jalan}} = \frac{AB}{2,5} + \frac{\frac{2}{2,5}AB}{v_{jalan}}$$

Karena $(t_{AB})_{Syahroni} = (t_{AB})_{Malik}$ maka diperoleh: $v_{jalan} = 3 \text{ km/jam}$

Tahap 3

Tahap 4

Item instrumen 2

Untuk bisa mencapai lokasi sekolah, Mustofa, siswa kelas XI harus menyebarangi sungai menggunakan “gethek” bambu seluas 100x200 cm². Karena waktu sudah menunjukkan pukul 06.40 WIB, Mustofa harus mempercepat laju getheknnya minimal 2 kali kecepatan aliran sungai. Berikan saran pada Mustofa kemana gethek harus diarahkan agar pengaruh arus dapat dikurangi sebanyak mungkin.

Pemecahan masalah:

Diketahui : gerakan gethek, arus air, dan resultan kecepatan gethek sesuai gambar

Anggap kecepatan arus v_a dan kecepatan gethek

$$v_p = 2v_a.$$

Dari gambar terlihat bahwa pengaruh arus akan

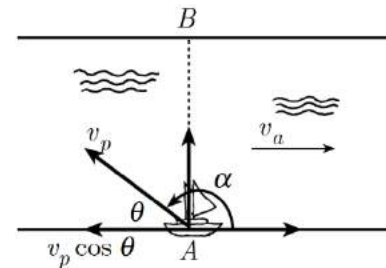
seminimum mungkin jika perahu dapat bergerak dari A ke B tegak lurus arus. Agar ini dapat terjadi, maka $v_p \cos \theta$ harus sama dengan v_a .

$$v_p \cos \theta = v_a \quad \text{maka} \quad \theta = \arccos \frac{v_a}{v_p} = \arccos \frac{1}{2} = 60^\circ$$

Arah gethek dihitung terhadap sumbu horisontal positif, sebesar α yaitu:

$$\alpha = 180^\circ - \theta = 120^\circ$$

Jadi Mustofa harus mengarahkan getheknnya 120° dari pinggir sungai supaya kecepatannya 2x kecepatan arus sungai dan tidak terlambat ke sekolah.



Tahap 1

Tahap 3

Tahap 4

Item instrumen 3

Ketika Raisya dalam perjalanan pulang sekolah, hujan turun deras dengan kecepatan 20 m/s secara vertikal. Segera Raisya membuka payungnya. Beberapa saat kemudian angin bertiup dengan kecepatan 30 m/s dari timur ke barat. Kemana Raisya harus mengarahkan payungnya agar tidak keujanan? Berapa tekanan yang diterima tangan Raisya bila massa air hujan persatuan luas persatuan waktu diperkirakan 15 kg/m²s.

Pemecahan masalah:

Diketahui: Kecepatan hujan $v_h = 20$ m/s

Kecepatan angin $v_a = 20$ m/s

Massa persatuan luas persatuan waktu 15 kg/m²s

Ditanya: arah payung (θ)
 v_R dan tekanan

Tahap 1

Jawab:

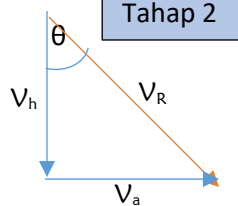
$$v_R^2 = v_h^2 + v_a^2 = 20^2 + 10^2 = 500$$

$$v_R = 10\sqrt{5} \text{ m/s}$$

Besar sudut θ dari arah payung adalah:

$$\sin \theta = \frac{v_h}{v_R} = \frac{20}{10\sqrt{5}} = 0,4\sqrt{5} = 0,8944$$

$\theta = 63,4^\circ$ terhadap sumbu Y (arah air hujan), atau
 $26,6^\circ$ terhadap permukaan tanah.



Tahap 2

Tahap 3

Perubahan momentum = impuls

$$\Delta mv = F t$$

Gaya tetes air hujan yang mengenai payung: $F = \Delta mv/t$

Tekanan yang diberikan air hujan:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\Delta(mv)}{At} = \frac{m}{At} \Delta v_R = 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}} \cdot \frac{(10\sqrt{5}-0)m}{s} = 150\sqrt{5} \text{ N/m}^2$$

Jadi karena adanya hembusan angin, kecepatan air hujan menjadi $10\sqrt{5}$ m/s dengan arah menyimpang $63,4^\circ$ terhadap arah turunnya air hujan.

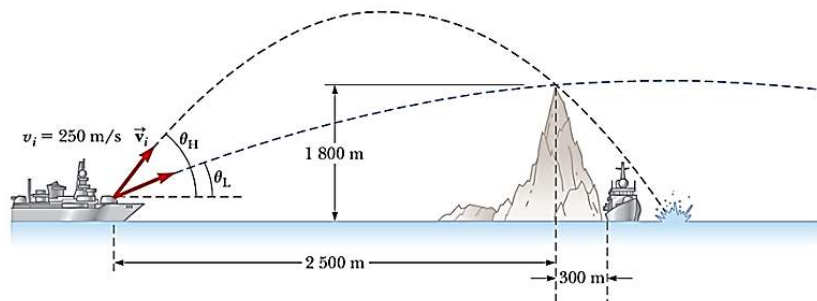
Tahap 4

Maka payung diarahkan sesuai perubahan arah air hujan, $26,6^\circ$ terhadap permukaan tanah.

Tekanan air hujan pada payung sebesar $150\sqrt{5} \text{ N/m}^2$

Item instrumen 4

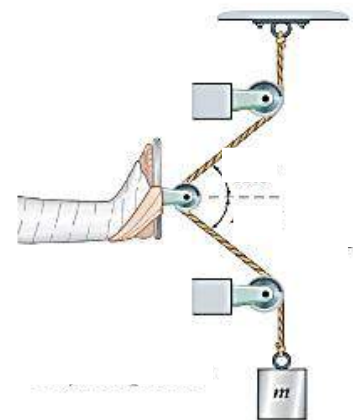
Di perairan kepulauan pasific, sebuah kapal musuh berada di sisi timur pulau pegunungan seperti yang ditunjukkan pada gambar. Kapal musuh telah bermanuver dalam jarak 2.500 m dari puncak gunung setinggi 1.800 m dan dapat menembakkan proyektil dengan kecepatan awal 250 m/s. Supaya terlindung dari pemboman kapal musuh, dimanakah kapal tersebut harus ditempatkan, jika diketahui jarak garis pantai barat secara horisontal 300 m dari puncak gunung. Berikan saran terbaik Anda!



Pemecahan masalah:

Item instrumen 5

Perangkat traksi yang terdiri dari tiga katrol diterapkan pada kaki yang patah, seperti ditunjukkan pada sketsa. Katrol tengah dilekatkan pada telapak kaki dengan posisi tali masing-masing 40° terhadap sumbu katrol, dan sebuah massa m digantung pada katrol bawah. Dokter menginstruksikan perawat untuk memasang beban m agar gaya yang dihasilkan katrol pada kaki sebesar 165 N. Beban penggantung yang tersedia hanya 8 kg, 12 kg, dan 15 kg. Bantulah perawat menentukan massa beban yang harus digantung dan pastikan agar traksi dapat berfungsi dengan baik. Berikan pula penjelasan apa pengaruhnya pada kaki pasien bila massa yang digantung lebih besar atau lebih kecil dari yang diperlukan.



Pemecahan masalah:

Diketahui: $\theta = 40^\circ$ dengan gaya pada katrol minimum 165 N.

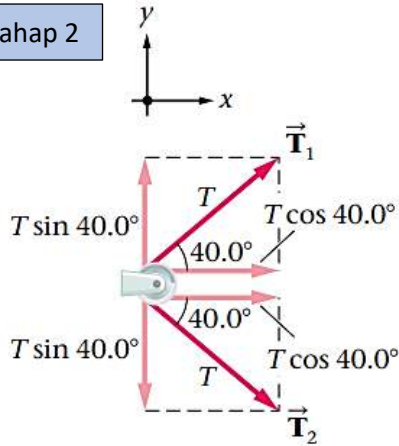
Massa yang tersedia 8 kg, 12 kg, dan 15 kg.

Tahap 1

Ditanya: massa m yang digantung agar memberi tegangan pada katrol sebesar 165 N

Jawab:

Tahap 2



Pertama, menyelesaikan tegangan (T_1) yang bekerja ke atas dan ke kanan pada katrol tengah menjadi komponen x dan y:

$$T_{1x} = T \cos 40^\circ$$

$$T_{2x} = T \cos 40^\circ$$

Selanjutnya, menyelesaikan tegangan (T_2) yang bekerja ke bawah dan ke kanan pada katrol tengah menjadi komponen x dan y.

$$T_{1y} = T \sin 40^\circ \quad T_{2y} = -T \sin 40^\circ$$

Menjumlahkan komponen x dan y dari gaya yang bekerja pada katrol tengah.

$$\sum F_x = T \cos 40^\circ + T \cos 40^\circ = 2T \cos 40^\circ$$

$$\sum F_y = T \sin 40^\circ - T \sin 40^\circ = 0$$

Tahap 3

Langkah 3 menunjukkan bahwa gaya total yang bekerja pada katrol tengah adalah $2T \cos 40^\circ$ sama dengan sama dengan 165 N: $2T \cos 40^\circ = 165 \text{ N}$

Diperoleh tegangan tali T: $T = \frac{165 \text{ N}}{2 \cos 40^\circ} = 108 \text{ N}$

Berdasarkan Hukum II Newton: $T = mg$

Massa yang digantung: $m = \frac{T}{g} = \frac{108 \text{ N}}{9,8 \text{ ms}^{-2}} = 11 \text{ kg}$

Diperlukan massa sekitar 11 kg untuk dapat menopang kaki yang patah dan tetap dalam posisi lurus.

Tahap 4

Karena beban yang sesuai tidak tersedia, maka dipilih massa 12 kg yang digantung.

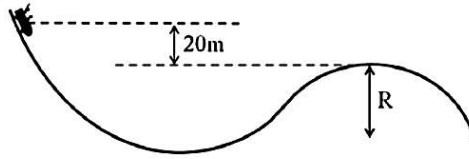
Jika massa yang digantung lebih kecil dari 8 kg, maka tegangan tali yang bekerja kurang, kaki kurang terjaga posisinya, kemungkinan kaki tidak begitu lurus saat sembuh nanti.

Jika massa yang digantung sedikit lebih besar, maka tegangan tali yang bekerja melebihi gaya yang diperlukan, tapi kaki akan tetap dalam posisi lurus jika sembuh nanti.

Item instrumen 6

Anda ditugaskan untuk merancang rollercoaster. Sebagai bagian dari desain, lintasan menurun secara bertahap dibuat sedemikian hingga mencapai bukit kecil berbentuk setengah lingkaran dengan ketinggian R. Anda menghendaki kecepatan kereta

rollercoaster akan menjadi 18,5 m/s ketika kereta berada 20 m di atas ketinggian bukit berikutnya. Berapa ketinggian minimum bukit yang harus Anda tentukan agar memungkinkan kereta tersebut tidak meninggalkan permukaan lintasan di puncak bukit? Sebutkan asumsi yang Anda terapkan dalam merancang rollercoaster tersebut.



Pemecahan masalah:

Diketahui: $v_i = 18,5 \text{ m/s}$

$h = 20 \text{ m}$

Tahap 1

Ditanya : R

Jawab :

Menerapkan Hukum kekekalan energi mekanik hingga diperoleh kecepatan di atas bukit R:

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_f^2$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2gh$$

Tahap 2

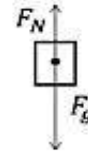
$$v_f = \sqrt{(18.5 \text{ m/s})^2 + 2(9.81 \text{ m/s}^2)(20 \text{ m})}$$

$$v_f = 27.1 \text{ m/s}$$

Tahap 3

At the top of the hill :

Saat mencapai puncak bukit, berlaku Hukum 2 Newton sebagai berikut:



$$F_{\text{Net}} = F_N - F_g = -ma_c$$

$$F_{\text{Net}} = 0 - mg = -\frac{mv_f^2}{R}$$

$$R = \frac{v_f^2}{g} = \frac{(27.1 \text{ m/s})^2}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

Tahap 4

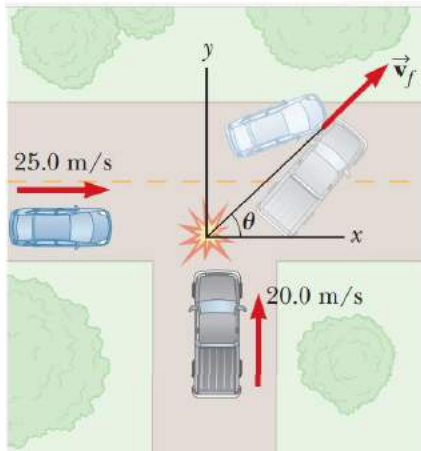
$$\boxed{R = 75 \text{ m}}$$

Jari-jari rollercoaster yang harus dibuat minimum 75 m agar kereta tetap pada lintasan relnya. Asumsi yang digunakan adalah gaya gesekan antara roda kereta dengan lintasan rollercoaster diabaikan dan hukum kekekalan momentum berlaku.

Item instrumen 7

Di persimpangan jalan malam itu sebuah mobil sedan bermassa $1,50 \times 10^3 \text{ kg}$ melaju kencang ke arah timur dengan kecepatan 25 m/s bertabrakan dengan sebuah van bermuatan penuh $2,50 \times 10^3 \text{ kg}$ yang bergerak ke utara dengan kecepatan $20,0 \text{ m/s}$. Prediksikan dimanakah lokasi puing-puing kedua mobil tersebut dapat ditemukan bila saksi mata kejadian menyatakan bahwa bunyi tabrakan yang terdengar hingga sunyi kembali sekitar 2 menit dan posisi kedua mobil saling menempel. Sebutkan asumsi yang mendukung penyelesaian Anda.

Pemecahan masalah:

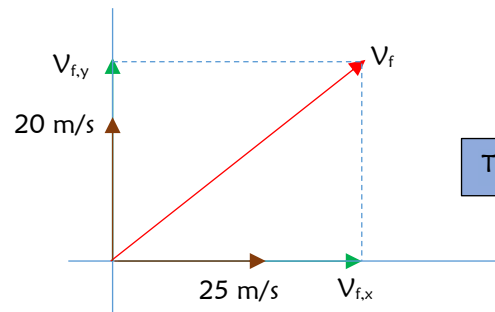


Diketahui : $v_i = 18,5 \text{ m/s}$ $h = 20 \text{ m}$ $t = 2 \text{ menit}$

Ditanya : posisi puing-puing mobil (θ dan S)

Jawab :

Tahap 1



Tahap 2

Temukan komponen x dari momentum total awal dan akhir:

Tetapkan momentum awal x sama dengan momentum x yang terakhir:

Temukan komponen y dari momentum total awal dan akhir:

Tetapkan momentum y awal sama dengan momentum-y akhir:

Persamaan (2) dibagi dengan Persamaan (1) dan selesaikan untuk θ :

Substitusikan sudut ini kembali ke Persamaan (2) untuk menemukan v_f :

$$\begin{aligned}\sum p_{xi} &= m_{\text{car}} v_{\text{car}} = (1.50 \times 10^3 \text{ kg})(25.0 \text{ m/s}) \\ &= 3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}\end{aligned}$$

$$\sum p_{xf} = (m_{\text{car}} + m_{\text{van}}) v_f \cos \theta = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \cos \theta$$

$$(1) \quad 3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \cos \theta$$

$$\begin{aligned}\sum p_{iy} &= m_{\text{van}} v_{\text{van}} = (2.50 \times 10^3 \text{ kg})(20.0 \text{ m/s}) \\ &= 5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}\end{aligned}$$

$$\sum p_{fy} = (m_{\text{car}} + m_{\text{van}}) v_f \sin \theta = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \sin \theta$$

$$(2) \quad 5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = (4.00 \times 10^3 \text{ kg}) v_f \sin \theta$$

$$\tan \theta = \frac{5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{3.75 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}} = 1.33$$

$$\theta = 53.1^\circ$$

$$v_f = \frac{5.00 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{(4.00 \times 10^3 \text{ kg}) \sin 53.1^\circ} = 15.6 \text{ m/s}$$

Tahap 3

Percepatan puing-puing mobil setelah tabrakan: $v_{akhir} = v_f + at$ $a = \frac{v_{akhir} - v_f}{t}$

$$a_s = \frac{(0 - 15,6) \text{ m/s}}{2 \times 60 \text{ s}} = -\frac{15,6}{120} \text{ m/s}^2$$

Posisi puing-puing mobil: $S = v_f \cdot t + \frac{1}{2}at^2 = \left(15,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)(120\text{s}) - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{15,6}{120} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(120 \text{ s})^2$

$$S = 936 \text{ m}$$

Tahap 4

Jadi setelah tabrakan kedua mobil keluar dari badan jalan, menyimpang sejauh $53,1^\circ$ dari arah timur dengan kecepatan mencapai $15,6 \text{ m/s}$ setelah bertabrakan.

Puing kedua mobil ditemukan pada jarak 936 m dari persimpangan jalan dengan arah $53,1^\circ$ dari arah timur.

Item instrumen 8

Bagus memiliki sebuah jam antik yang memanfaatkan periode gerak ayunan bandul untuk gerakan mesin jamnya. Saat diperhatikan lebih lanjut, ternyata jam antik tersebut selalu lebih lambat dari seharusnya. Jika Bagus ingin menyelidiki pengaruh panjang tangkai bandul pada periode getaran bandul jam antiknya, telah tersedia satu buah statif, tiga buah bandul, serta 3 buah tali dengan panjang masing-masing sebagai berikut 20 cm , 30 cm , dan 40 cm , 50 cm , 60 cm .

- Rancangan percobaan yang bagaimana yang harus Bagus lakukan? Tulis apa saja yang diketahui dan buatlah sketsa rancangan percobaannya!
- Sebut dan jelaskan konsep fisika apa saja yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut!
- Persamaan apa yang harus digunakan untuk mencari periode getaran? Jelaskan tiap simbol pada persamaan tersebut!
- Jika diperoleh data percobaan sebagai berikut,

No	Panjang tali (cm)	Jumlah ayunan	Lama ayunan (s)
1	20	10	8,90
2	30	10	10,90
3	40	10	12,60
4	50	10	12,95
5	60	10	13,40

Berapa periode masing-masing percobaan tersebut?

- Apa kesimpulan yang kamu dapatkan dari permasalahan tersebut?
- Apa yang harus dilakukan Bagus agar gerakan bandul jam antiknya lebih cepat?

Pemecahan masalah:

Instrumen Pemecahan Masalah Fisika

INSTRUMEN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH FISIKA

LP01 - KPMF

Instrumen berikut bertujuan untuk mengetahui kemampuan pemecahan masalah Anda dalam bidang fisika selama belajar di Jurusan Fisika FMIPA Unesa. Pengukuran kemampuan ini masih berkaitan dengan nilai mata kuliah Fisika Dasar 1, dan akan menjadi bahan pertimbangan jurusan untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran yang sedang Anda ikuti. Data ini juga menjadi studi awal kompetensi Anda sebagai Calon Guru agar bisa ditindaklanjuti dalam penelitian yang lebih mendalam. Karena itu mohon untuk menjawab pertanyaan yang diajukan dengan cermat dan sungguh-sungguh.

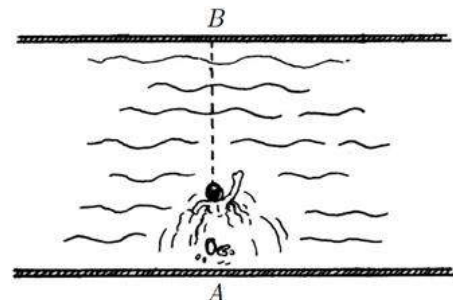
Terima kasih atas bantuan dan partisipasi Anda dalam menjawab pertanyaan instrumen ini.

PETUNJUK

- (1) Materi instrumen adalah mekanika dengan bentuk tes berupa isian terbuka (essay)
- (2) Instrumen terdiri dari 8 item tes dengan waktu penyelesaian tes 120 menit (peserta TIDAK BOLEH meninggalkan ruang sebelum habis waktu yang disediakan).
- (3) Dilarang menulis atau mencorat-coret dalam bentuk apapun dalam Naskah Tes ini.
- (4) Naskah yang telah selesai dijawab dikembalikan pada pengawas tes.
- (5) Kerjakan tes secara teratur, tuntas dan runtut.
- (6) Apabila dalam menjawab satu nomor belum tuntas, berilah space kerja untuk menuntaskan pekerjaan nomor tersebut.
- (7) Tulis identitas Anda (NIM, Nama, Kelas) pada lembar kerja yang disediakan.

Item instrumen 1

Syahron bersama temannya Malik berlomba untuk menyebrangi sungai. Mereka bertaruk strategi tercepat dalam mencapai titik tujuan di seberang sungai seperti pada gambar. Syahron selalu berusaha berenang pada garis lurus AB dan Malik berenang tegak lurus arus sungai. Jika kecepatan arus 2 km/jam dan hasil kesepakatan mereka berenang dengan kecepatan yang sama terhadap air yaitu 2,5 km/jam, siapakah yang tepat mencapai titik tujuan? Agar keduanya tiba dalam waktu yang sama di tempat tujuan, dia yang belum mencapai tujuan harus berjalan cepat mencapai titik tujuan. Prediksikan berapa kecepatan minimum berjalan yang harus dilakukannya agar tidak terlambat!



Item instrumen 2

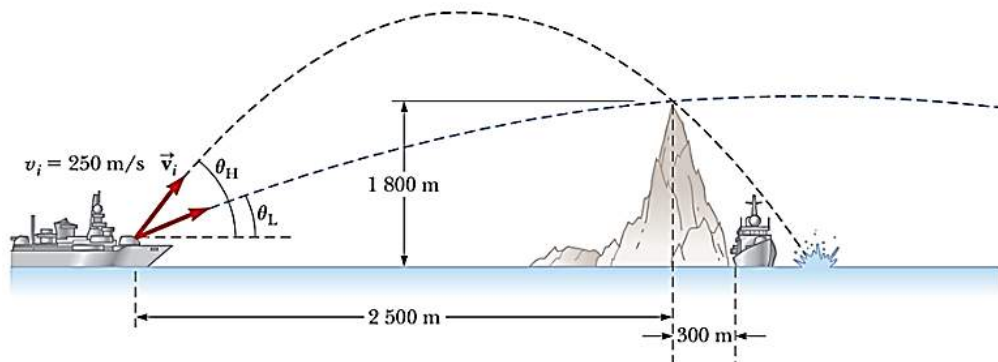
Untuk bisa mencapai lokasi sekolah, Mustofa, siswa kelas XI harus menyebarangi sungai menggunakan “gethek” bambu seluas $100 \times 200 \text{ cm}^2$. Karena waktu sudah menunjukkan pukul 06.40 WIB, Mustofa harus mempercepat laju getheknnya minimal 2 kali kecepatan aliran sungai. Berikan saran pada Mustofa kemana gethek harus diarahkan agar pengaruh arus dapat dikurangi sebanyak mungkin.

Item instrumen 3

Ketika Raisya dalam perjalanan pulang sekolah, hujan turun deras dengan kecepatan 20 m/s secara vertikal. Segera Raisya membuka payungnya. Beberapa saat kemudian angin bertiup dengan kecepatan 30 m/s dari timur ke barat. Kemana Raisya harus mengarahkan payungnya agar tidak kehujanan? Berapa tekanan yang diterima tangan Raisya bila massa air hujan persatuan luas persatuan waktu diperkirakan $15 \text{ kg/m}^2\text{s}$.

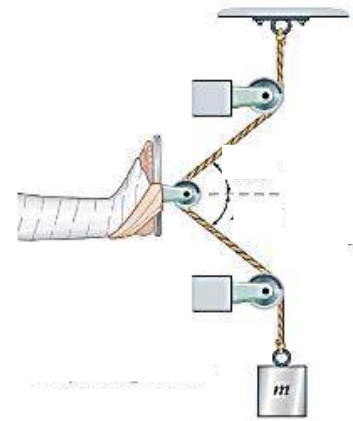
Item instrumen 4

Di perairan kepulauan pasific, sebuah kapal musuh berada di sisi timur pulau pegunungan seperti yang ditunjukkan pada gambar. Kapal musuh telah bermanuver dalam jarak 2.500 m dari puncak gunung setinggi 1.800 m dan dapat menembakkan proyektil dengan kecepatan awal 250 m/s . Supaya terlindung dari pemboman kapal musuh, dimanakah kapal tersebut harus ditempatkan, jika diketahui jarak garis pantai barat secara horisontal 300 m dari puncak gunung. Berikan saran terbaik Anda!



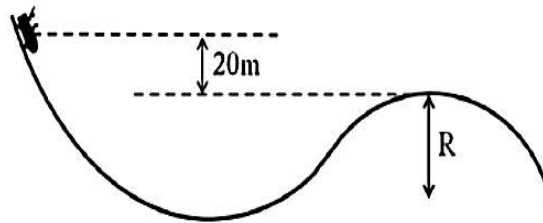
Item instrumen 5

Perangkat traksi yang terdiri dari tiga katrol diterapkan pada kaki yang patah, seperti ditunjukkan pada sketsa. Katrol tengah dilekatkan pada telapak kaki dengan posisi tali masing-masing 40° terhadap sumbu katrol, dan sebuah massa m digantung pada katrol bawah. Dokter menginstruksikan perawat untuk memasang beban m agar gaya yang dihasilkan katrol pada kaki sebesar 165 N. Beban penggantung yang tersedia hanya 8 kg, 12 kg, dan 15 kg. Bantulah perawat menentukan massa beban yang harus digantung dan pastikan agar traksi dapat berfungsi dengan baik. Berikan pula penjelasan apa pengaruhnya pada kaki pasien bila massa yang digantung lebih besar atau lebih kecil dari yang diperlukan.



Item instrumen 6

Anda ditugaskan untuk merancang rollercoaster. Sebagai bagian dari desain, lintasan menurun secara bertahap dibuat sedemikian hingga mencapai bukit kecil berbentuk setengah lingkaran dengan ketinggian R . Anda menghendaki kecepatan kereta rollercoaster akan menjadi 18,5 m/s ketika kereta berada 20 m di atas ketinggian bukit berikutnya. Berapa ketinggian minimum bukit yang harus Anda tentukan agar memungkinkan kereta tersebut tidak meninggalkan permukaan lintasan di puncak bukit? Sebutkan asumsi yang Anda terapkan dalam merancang rollercoaster tersebut.



Item instrumen 7

Di persimpangan jalan malam itu sebuah mobil sedan bermassa $1,50 \times 10^3$ kg melaju kencang ke arah timur dengan kecepatan 25 m/s bertabrakan dengan sebuah van bermuatan penuh $2,50 \times 10^3$ kg yang bergerak ke utara dengan kecepatan 20,0 m/s. Prediksikan dimanakah lokasi puing-puing kedua mobil tersebut dapat ditemukan bila saksi mata kejadian menyatakan bahwa bunyi tabrakan yang terdengar hingga sunyi kembali sekitar 2 menit dan posisi kedua mobil saling menempel. Sebutkan asumsi yang mendukung penyelesaian Anda.

Item instrumen 8

Bagus memiliki sebuah jam antik yang memanfaatkan periode gerak ayunan bandul untuk gerakan mesin jamnya. Saat diperhatikan lebih lanjut, ternyata jam antik tersebut selalu lebih lambat dari seharusnya. Jika Bagus ingin menyelidiki pengaruh panjang tangkai bandul pada periode getaran bandul jam antiknya, telah tersedia satu buah statif, tiga buah bandul, serta 3 buah tali dengan panjang masing-masing sebagai berikut 20 cm, 30 cm, dan 40 cm, 50 cm, 60 cm.

- Rancangan percobaan yang bagaimana yang harus Bagus lakukan? Tulis apa saja yang diketahui dan buatlah sketsa rancangan percobaannya!
- Sebut dan jelaskan konsep fisika apa saja yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut!
- Persamaan apa yang harus digunakan untuk mencari periode getaran? Jelaskan tiap simbol pada persamaan tersebut!
- Jika diperoleh data percobaan sebagai berikut,

No	Panjang tali (cm)	Jumlah ayunan	Lama ayunan (s)
1	20	10	8,90
2	30	10	10,90
3	40	10	12,60
4	50	10	12,95
5	60	10	13,40

Berapa periode masing-masing percobaan tersebut?

- Apa kesimpulan yang kamu dapatkan dari permasalahan tersebut?
- Apa yang harus dilakukan Bagus agar gerakan bandul jam antiknya lebih cepat?

KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

**Tim Asesmen Hasil Belajar dan
Pembelajaran Fisika**



**Universitas Negeri Surabaya
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jurusan Fisika
2021**

KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

A. Definisi Berpikir

Menurut Arends (2013) berpikir merupakan aktivitas yang mengaitkan operasi-operasi manual, seperti induksi, deduksi, klasifikasi, dan penalaran. Berpikir merupakan visualisasi objek dan fenomena kehidupan menggunakan visualisasi simbolis untuk menemukan prinsip-prinsip dasar. Secara umum berpikir menggunakan prinsip kesadaran dan penilaian secara subjektif individu terhadap pengembangan intelektual. Suatu keadaan mental yang dapat dipesepsikan dan interpretasi merupakan sifat dari berpikir dan sangat bergantung pada konteks kebutuhan yang dinamis dan variatif. Hasil dari berpikir dapat berupa bentuk seperti ide, gagasan, penemuan, dan pemecahan masalah, kemudian diwujudkan dalam praktik nyata untuk mewujudkan penemuan tersebut dan mencapai tujuan ilmu tersebut. Tujuan pengembangan berpikir untuk: (a) mampu memilah antara kenyataan dengan fana; (b) mengeksplor suatu kenyataan berlandaskan hukum-hukum yang berlaku; (c) mengevaluasi beberapa kenyataan yang berguna dalam bidang keilmuan; dan (d) menentukan kenyataan yang sesungguhnya dibalik sesuatu yang tampak (Surya, 2015).

B. Berpikir Kritis

Pada abad ke-21, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi meningkat sesuai kebutuhan era revolusi industri 4.0 sehingga ketika membutuhkan informasi akan cepat menemukan informasinya. Namun, setiap informasi harus dipilah dan dianalisa sehingga membutuhkan suatu kemampuan yang reliabel yaitu kemampuan berpikir kritis (Hidayanti et al., 2016). Kualifikasi keterampilan abad ke-21 terdiri dari kemampuan berpikir, kemampuan bertindak, dan kemampuan hidup diharapkan dapat dicapai oleh peserta didik (Marwan et al., 2020). Pembelajaran yang dibutuhkan untuk mencapai kemampuan tersebut yaitu pembelajaran kontekstual yang menuntut siswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan komunikatif. (Kivunja, 2015).

Berpikir kritis merupakan suatu keterampilan pemecahan masalah dengan mengobservasi dan mengkomunikasikan solusi alternatif dari berbagai sudut pandang untuk memperoleh informasi maupun argumentasi (Fatimah et al., 2017). Berpikir kritis juga merupakan proses seleksi pilihan penyelesaian masalah dengan menganalisis sehingga dapat ditarik kesimpulan (Kurniawati & Diantoro, 2014). Berpikir kritis dapat membantu menguatkan argumen berdasarkan penilaian dan pengukuran informasi bukti yang ada (Keynes, 2008). Menurut Facione dalam Fithriyah (2016)

peserta didik berpikir kritis tinggi jika mampu menginterpretasikan suatu permasalahan, menganalisa informasi, mengevaluasi informasi sehingga menghasilkan solusi alternatif penyelesaian masalah, menginterferensi data dan informasi sehingga dapat ditarik kesimpulan, dan mengeksplanasi solusi penyelesaian masalah. Menurut Ennis dalam Mas'ula (2020), peserta didik berpikir kritis tinggi memenuhi lima aspek yaitu menjelaskan secara sederhana, menentukan pengambilan dasar keputusan, menarik kesimpulan, klarifikasi secara lanjut, dan memprediksi serta menggabungkan informasi.

Menurut Ennis (2011), berpikir kritis merupakan kemampuan berpikir reflektif dan beralasan dengan memfokuskan informasi yang terpercaya. Secara keseluruhan berpikir kritis melibatkan penalaran peserta didik yang melibatkan melibatkan operasional mental seperti deduksi induksi, klasifikasi, evaluasi, dan penalaran sehingga kemampuan berpikir kritis penting bagi peserta didik agar pembelajaran tersebut bermakna.

Menurut Surya (2015), faktor penting untuk menunjang kemampuan berpikir kritis yaitu disposisi dan kecakapan. Disposisi merujuk pada ciri afektif dan disposisional oleh peserta didik guna melaksanakan tugas berpikir, sedangkan kecakapan menunjuk pada aspek keterampilan kognitif yang dibutuhkan untuk berpikir secara kritis, misalnya tindakan dalam memutuskan, mempertimbangkan dan menganalisis.

Pemikiran kritis yang tepat akan menjadi pencarian pertama dan terpenting untuk makna. Perspektif positif tentang berpikir kritis dari berbagai sudut pandang yaitu sebagai jalan menuju pemahaman yang lebih baik daripada mengalahkan lawan dengan argumen (Noddings & Brooks, 2016).

C. Berpikir Kritis dalam Fisika

Silabus untuk siswa ilmiah kelas 12 (Bulletin Officiel de l'Education Nationale 2011) berulang kali mengusulkan kegiatan peserta didik tentang kompetensi "menggali" pengetahuan untuk mengarahkan peserta didik mengajukan pertanyaan kritis tentang nilai ilmiah dari sumber informasi, mempertimbangkan pertanyaan tersebut, dan mengevaluasi berbagai sumber informasi ketika terdapat informasi yang berlebihan dan terkadang tidak akurat, dan membedakan pengetahuan objektif dan rasional dari opini dan keyakinan.

Willingham (2007) mengungkapkan bahwa berpikir kritis bukanlah seperangkat keterampilan yang dapat digunakan kapan saja, dalam konteks apa pun. Mengadopsi sikap kritis terhadap penjelasan dalam fisika menyiratkan gagasan tertentu tentang apa itu belajar dalam sains, dan juga kejelasan tentang keadaan pemahaman seseorang (Vermunt, 1996 dalam Viennot & Décamp, 2019). Memisahkan faktor metakognitif dan afektif yang berbeda sangat mungkin untuk campur tangan dalam evolusi intelektual seseorang yang membaca teks dan mencari informasi untuk belajar dan menilainya secara kritis. Mengajukan pertanyaan, baik tentang makna istilah tertentu atau aspek lain dari sebuah teks, melibatkan faktor psiko-kognitif dan analisis pemahaman individu. Hal tersebut mencerminkan untuk memahami penjelasan koheren yang didukung oleh visi tentang filsafat pengetahuan ilmiah dan menyiratkan tidak dilumpuhkan oleh perasaan tidak kompeten. Beberapa faktor psiko-kognitif dapat memainkan peran yang menghalangi, tidak hanya dalam hal pertanyaan penjelasan tetapi lebih umum dalam bentuk ekspresi kritis. Saat melakukan kontak dengan sebuah teks, perasaan tidak tahu dan keinginan untuk melekat pada ingatan sekolah seringkali tampak mendominasi (Viennot & Décamp, 2019). Menyadari hambatan semacam itu mungkin merupakan langkah pertama untuk maju menuju praktik analisis dan penalaran kritis yang lebih bebas dalam fisika.

Fisika sangat cocok untuk mendidik dan melatih berpikir kritis disebabkan oleh faktor adanya kuantitas yang terukur dan argumentasi. Hal tersebut memungkinkan prediksi yang muncul dari penalaran untuk diuji secara kuantitatif. Selain itu, fisika adalah ilmu yang sangat terstruktur dengan berlandaskan hukum dari berbagai ahli untuk menjelaskan berbagai fenomena dan situasi. Secara singkat, fisika menetapkan batasan yang sangat kuat tentang penalaran baik dalam hal penjelasan atau prediksi. Batasan ini semua harus dipenuhi terutama kesesuaian berdasarkan pengetahuan, pengamatan, pengukuran sehingga tidak menimbulkan kontradiksi dalam membuktikan penalaran tersebut. Fisika perlu untuk "menempatkan" bersama-sama" dalam banyak hal dan penjelasan "ad hoc" tidak tepat. Oleh karena itu, fisika diminati sebagai bidang istimewa untuk pengembangan berpikir kritis (Viennot & Decamp, 2019). Dari perspektif pendidikan, saat menjelaskan suatu fenomena terdapat perangkat utama yang harus dihindari yaitu,

1. Kontradiksi Intenal

Kontradiksi internal menggambarkan tentang menggali informasi tentang topik yang tidak dikuasai sama sekali misalkan topik transfer termal dengan beberapa bahan. Peserta didik

memikirkan bagaimana cara melindungi diri dari hawa dingin saat makan di Mars. Salah satunya menyarankan menggunakan selimut kelangsungan hidup, yang mendapat persetujuan bulat dari guru dan peserta didik. Bahkan, selimut kelangsungan hidup saat ini terbuat dari Mylar, bahan yang sangat tipis (sekitar $10\mu\text{m}$) yang merupakan bahan dari aluminium. Jadi, aluminium dinyatakan sebagai pilihan bahan yang baik untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Setelah pemecahan masalah tersebut, bahan lainnya, kaca, kayu, aluminium dan bahan lainnya diuji dengan eksperimen yang sangat sederhana. Air panas dituangkan ke dalam serangkaian wadah kecil yang identik, masing-masing ditutup oleh piring kecil yang terbuat dari masing-masing bahan yang akan diuji, dan es batu diletakkan di atas setiap piring. Es batu manakah yang akan mencair lebih dulu? Yang ditempatkan di aluminium! Kesimpulan guru adalah bahwa “Dengan aluminium, Anda tidak dapat melindungi dari dingin”. Tidak ada tautan ke pernyataan siswa pertama. Oleh karena itu, dua pernyataan kontradiktif berturut-turut disajikan sebagai valid, tanpa diskusi lebih lanjut: sesuatu dan kebalikannya (Viennot & Décamp, 2019).

Dalam sesi pendidikan guru, contoh ini dapat digunakan untuk mendukung semacam teorema keberadaan: Ya, situasi ini dapat terjadi. Tapi itu tidak cukup untuk mendeteksi masalah, lebih baik untuk mencoba memahami, atau setidaknya berhipotesis, proses intelektual yang mendasari tidak adanya kesadaran kritis dalam hal ini. Jika transfer termal dianggap semata-mata terkait dengan konduksi, aluminium tidak diragukan lagi menawarkan perlindungan yang buruk. Gagasan yang begitu jelas menutupi fakta bahwa selimut yang sangat reflektif dapat berguna untuk melindungi dari dingin. Faktanya, beberapa jenis transfer energi terlibat (konduktif, konvektif, dan radiasi) sehingga kinerja eksperimen hanya pada salah satunya - transfer konduktif - tidak memungkinkan kesimpulan umum yang dirumuskan oleh guru (Viennot & Décamp, 2019). Contoh ini juga menyoroti poin penting mengenai kritik terhadap penjelasan fisika: apa yang terjadi ketika sebuah fenomena atau variabel yang mungkin relevan dalam situasi yang diteliti, di sini transfer radiasi diabaikan (Viennot & Décamp, 2019). Contoh ini memberikan kontribusi untuk memvalidasi teorema keberadaan yang dibahas di atas, yaitu, pernyataan yang bertentangan memang dapat ditemukan dalam teks yang sama, meskipun ditulis oleh ilmuwan profesional dengan tujuan koherensi (Viennot & Décamp, 2019).

2. Kontradiksi Langsung

Berdasarkan sudut pandang pendidikan hingga analisis berpikir kritis, pernyataan sebelumnya memberikan kesempatan untuk melatih kompetensi kritis pada tingkat dasar dan bukannya tanpa minat hal itu terjadi dengan jelas. Aspek-aspek ini (muncul tak terbantahkan, relatif jarang) juga hadir dalam contoh-contoh tertentu yang melibatkan kontradiksi eksplisit antara unsur yang ada dalam teks dan hukum ahli fisika. Menggabungkan hukum dan fenomena terbukti lebih sulit, tetapi juga lebih menguntungkan, daripada apa yang diusulkan oleh latihan yang dianalisis. Tetapi bahkan sebelum pemahaman yang lengkap, penting untuk menyadari bahwa penjelasan yang jika diajukan tidak menghormati hukum maka penjelasan tersebut harus diganti dengan yang lain. (Viennot & Décamp, 2019).

3. Ketidaklengkapan Logis dari Penjelasan

Seseorang juga dapat mengkritik penjelasan yang tidak mengandung kontradiksi internal atau eksternal yang jelas. Ini adalah kasus untuk penjelasan di mana setidaknya satu informasi yang diperlukan untuk penjelasan yang memuaskan hilang. Tentu saja, tidak ada analisis yang sepenuhnya lengkap, selalu ada aspek yang hilang. Seperti yang ditulis Ogborn (1996) dalam Viennot & Décamp (2019), “Penjelasan seperti puncak gunung es, dengan faktor pendukung pengetahuan bersembunyi di bawah permukaan”. Jadi ketika mendiskusikan tentang penjelasan yang tidak lengkap tidak mengacu pada kebutuhan untuk merekonstruksi semua konsep yang dipertaruhkan pada faktor pendukung. Akan tetapi, pemikiran akan berfokus pada gagasan tentang mata rantai penting yang hilang dalam rantai argumentatif dan pada beberapa kasus terdapat rintangan yang menghalangi untuk mencapai kesimpulan yang valid. Dalam hal mengembangkan berpikir kritis tersebut dapat membantu peserta didik untuk mengidentifikasi pernyataan yang kurang tepat dalam penalaran adalah tujuan yang relevan (Viennot & Décamp, 2019).

4. Generalisasi Berlebihan

Beberapa manusia mungkin berpikir bahwa eksperimen dapat memunculkan stimulus yang ideal untuk berpikir kritis. Hal tersebut merupakan salah satu ide dasar “Pendidikan Sains Berbasis Inkuiri” yaitu sebuah pembelajaran yang telah menghasilkan upaya pengembangan di seluruh dunia, khususnya di pendidikan dasar dan menengah (lihat misalnya Edelson et al. 1999; Flick dan Lederman 2006; EU 2007; Gormally dkk. 2009; Calmette 2012 dalam Viennot

& Décamp, 2019). Akan tetapi, eksperimen yang tidak konsisten dengan hipotesis umumnya dikenali sebagai sinyal peringatan yang serius, tetapi "konfirmasi melalui eksperimen" harus dipertimbangkan dengan cermat. Umumnya, percobaan terisolasi tidak cukup untuk membenarkan kesimpulan. Seperti yang dikatakan Bächtold (2012) baru-baru ini, "Eksperimen tidak menentukan teori". Kesalahan eksperimental atau ketidakpastian dapat mempengaruhi kuantitas yang diukur misalkan pertimbangkan argumen seperti: Benda baja tidak mengapung karena lebih padat daripada air. Mencelupkan balok baja ke dalam air adalah bentuk pembuktian dari pernyataan ini. Blok baja tenggelam, namun dapat dipertimbangkan lambung kapal baja untuk membatalkan argumen ini. Sebuah perahu baja dapat mengapung jika dibentuk dengan benar dan diluncurkan pada posisi yang tepat. Ini menggambarkan masalah variabel yang relevan tetapi tidak diperhitungkan, seperti dibentuk benda dan bagaimana benda itu dimasukkan ke dalam air.

Mengabaikan variabel atau fenomena yang relevan dan terlalu menggeneralisasi mungkin merupakan risiko terbesar mengenai "pembuktian eksperimental", dan lebih luas lagi, penalaran ilmiah sehingga menimbulkan gagasan "reduksi fungsional" digunakan untuk menganalisis kebingungan antara korelasi dan sebab. Percaya bahwa korelasi yang diamati antara dua variabel menunjukkan ketergantungan kausal (dalam satu arah atau yang lain) adalah garis penalaran yang sering dan tidak valid (Gauvrit 2007; Ellenberg 2015).

Variabel ketiga muncul untuk memecahkan paradoks yang tampak jika salah satu yang dapat diamati kemungkinan terkait dengan hanya satu yang dapat diamati lainnya, korelasi positif dari nilai-nilai dalam populasi tertentu dapat ditafsirkan dalam hal ketergantungan walaupun masih belum memastikan penyebab dan efeknya. Jika tidak, kemungkinan terdapat variabel ketiga sebagai "variabel pengganggu" yang mempengaruhi dua yang pertama secara paralel. Bagaimanapun, mengabaikan kemungkinan adanya variabel pengganggu adalah bentuk reduksi fungsional dan dapat menyebabkan menerima kesimpulan yang salah.

5. Penalaran dan Hasil Eksperimen Pemikiran Tidak Sesuai

Strategi lain yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi perlunya berpikir kritis adalah eksperimen pemikiran, yang sering kali melibatkan penalaran tentang "kasus ekstrem". Dalam eksperimen pikiran, tidak perlu mengamati apa yang sebenarnya terjadi di dunia material untuk mencapai kesimpulan. Misalnya, jika seseorang mengatakan "di dalam rumah kaca, lebih

banyak energi yang masuk daripada yang keluar”, atau “Dalam gas, tumbukan antar molekul menghasilkan panas”, pertanyaan tentang apa yang akan terjadi jika hal ini berlangsung terus menerus tidak perlu diuji secara eksperimental tetapi berpikir secara logika bahwa jumlah energi di dalam rumah kaca akan terus meningkat, dan akan menyebabkan ledakan. Kita juga tahu bahwa jika tumbukan antar molekul menghasilkan energi tanpa akhir ke dalam ruangan yang terisolasi secara termal (yaitu menghalangi transfer energi ke luar), orang-orang di dalamnya tidak akan bertahan lama.

Namun, dalam kasus eksperimen pemikiran, yaitu garis penalaran yang tidak memerlukan pengalaman nyata, adalah bijaksana untuk berhati-hati. Mungkin keliru untuk menganggap bahwa pemeriksaan eksperimental tidak diperlukan. Pertama, jebakan yang signifikan adalah percaya bahwa suatu argumen valid jika kesimpulannya sesuai dengan fakta yang terkenal. Kedua untuk kesalahan, kecenderungan untuk mengabaikan variabel relevan kedua. Sehingga, diperlukan suatu eksperimen nyata jika tidak menemukan kesimpulan dari eksperimen pikiran atau kesimpulan berbeda dengan hukum yang sudah dikembangkan para ahli.

D. Pendidikan Berpikir Kritis

Pendidikan penting untuk memperluas cakupannya secara signifikan. Sampai saat ini, contoh teks yang membutuhkan kerja untuk berpikir kritis memiliki pernyataan dengan menyajikan gambar yang berkaitan kurang dari sudut pandang ahli fisika. Informasi apa pun dengan tujuan informatif dan penjelasan patut dipertanyakan jika ingin belajar berpikir kritis. Oleh karena itu, penting bahwa pendidikan dalam analisis kritis untuk diri sendiri atau orang lain memungkinkan untuk membuat sebagian besar teks apapun dalam bidang pengajaran ilmiah dengan melakukan penelitian mengelola penalaran, eksperimen, dan kesimpulan. Mengetahui apa yang dilakukan orang lain, atau lebih khusus mengetahuinya secara kritis, sangat penting (Viennot & Décamp, 2019).

Faktanya, kemajuan menuju pemahaman yang lebih baik sering kali bergantung pada perubahan dalam pembacaan rumus fisika. Melihat konstanta sebagai angka, atau hubungan sebagai persamaan antara angka, memungkinkan beberapa nilai numerik dihitung dari yang lain. Terdapat kemungkinan untuk menyadari bahwa beberapa koefisien tetap sesuai untuk berbagai fenomena. Dimungkinkan untuk menentukan kasus-kasus yang membatasi, misalnya untuk nilai ekstrim suatu variabel dan untuk memeriksa kemungkinannya. Bahkan dapat dikatakan bahwa

tanpa pendekatan ini berdasarkan pemahaman fungsional, ada risiko memiliki sedikit atau tidak ada pemahaman tentang teks ilmiah. Kekuatan berpikir kritis yang teliti dan imajinatif, inventif dari eksperimen pemikiran adalah untuk mengontrol dan memperluas kontribusi informatif dari teks yang bersangkutan, untuk pemahaman yang lebih baik (Viennot & Décamp, 2019). Pada lingkungan sekolah atau universitas, kegiatan menganalisis teks pelajaran atau memecahkan masalah sangat dianjurkan sebagai kegiatan tersendiri. Pendidikan yang tepat dari sikap kritis dapat meningkatkan peluang keberhasilan (Bergman & Sams, 2014).

Belajar bukan (hanya) “mengikuti”, bukan (hanya) dapat mengulang, seperti menampilkan gambar setelah kembali. Hal tersebut menunjukkan bahwa memperhatikan sepenuhnya di mana meletakkan kaki, dan bagaimana menggunakan mata dan telinga untuk memungkinkan langkah selanjutnya. Dalam sikap ini, berpikir kritis memastikan langkah-langkahnya, hal tersebut memungkinkan untuk mengetahui apa yang harus diandalkan, untuk mendapatkan yang terbaik dari informasi yang dikonsultasikan. Penalaran Umum dalam Fisika dibagikan secara luas. Secara khusus, penjelasan memaksakan struktur linier kausal ke berbagai tingkat, membuat hubungan biner antar variabel, yang tidak sesuai untuk analisis sistem dan harus menyadari bahwa secara umum saling memahami atas dasar ekspresi yang tidak tepat. Tetapi patut untuk memeriksa kasus-kasus di mana ini tidak berhasil, kasus-kasus di mana kegagalan pemahaman yang diam-diam berjalan seiring dengan runtuhnya koherensi. Tanpa penguasaan konseptual, kecil kemungkinan akan berpikir kritis. Orang yang ingin belajar atau mendapat informasi memfokuskan upaya untuk pemahaman topik yang dibahas daripada kritik terhadap teks, kedua kegiatan ini harus saling mendukung. Dengan ketidakamanan intelektual yang berasal dari ingatan mereka yang jarang, mereka lebih suka mempercayai teks dan mencoba memahami apa yang mereka baca daripada mempertanyakannya. Hal tersebut merupakan argumen yang baik terhadap visi pengembangan berpikir kritis sebagai keterampilan itu sendiri, tidak didukung oleh konstruksi konseptual (Viennot & Décamp, 2019).

Melihat apa yang salah, melihat apa yang hilang, adalah dasar rasional untuk bergerak maju, dengan memaksakan urgensi yang sama pada diri sendiri merupakan sikap berpikir kritis. Dalam fisika, pemahaman yang lebih baik tidak hanya berlaku untuk teks dengan inkonsistensi atau kesenjangan besar. Faktanya, analisis kritis adalah cara terbaik untuk memanfaatkan teks apa pun dengan tujuan penjelasan. Tujuannya adalah untuk mengekstrak informasi yang diberikan setepat

mungkin, untuk menilai nilai konektor logis, untuk menguji generalisasi yang disarankan, singkatnya untuk mengevaluasi untuk apa teks ini benar-benar dapat digunakan. Awal dan akhir sebuah teks, pendekatan formal dan bahasa alami, beberapa informasi dari berbagai sumber: semua ini harus terintegrasi tanpa kontradiksi. Terkadang, ketika manfaatnya ada akan menemukan kepuasan intelektual yang lebih berharga, dalam hal motivasi untuk belajar, daripada efek pementasan dan gambar yang indah. Pentingnya mengembangkan kehidupan intelektual pada dua tingkat: konseptual dan kritis. Analisis kritis merupakan komponen penting dari pemikiran. Pelaksanaan hak ini secara sederhana namun bebas merupakan tujuan pendidikan yang luar biasa, yang layak mendapat komitmen nyata dari institusi dan individu (Viennot & Décamp, 2019).

E. Indikator Berpikir Kritis

Terdapat beberapa pendapat mengenai indikator keterampilan berpikir kritis. Berikut indikatornya:

1. Taksonomi Bloom

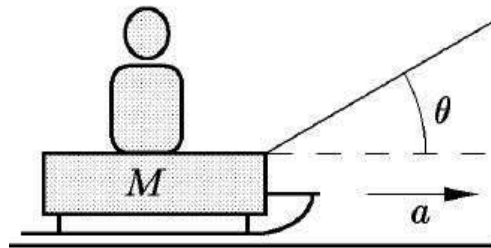
Indikator kemampuan kognitif menurut taksonomi bloom, setiap level terdiri dari beberapa indikator yaitu indikator level C1 adalah menyebutkan, menjelaskan, dan menandai, level C2 yaitu menjelaskan, mencirikan, dan mengkategorikan, level C3 yaitu menghitung, mengurutkan, dan menggambar, level C4 yaitu menganalisis, memecahkan, dan menyimpulkan, level C5 yaitu mengevaluasi dan menyimpulkan, yang terakhir level C6 yaitu membangun, merancang, dan mengoreksi (Krathwohl, 2002). Berikut indikator keterampilan berpikir kritis menurut taksonomi bloom:

1. Analisis merupakan kemampuan seseorang dalam mengaitkan berbagai informasi menjadi informasi yang kompleks kemudian merincikan setiap bagian informasi sehingga struktur penyelesaian masalah secara keseluruhan mudah dipahami.
2. Sintesis disebut kemampuan membentuk sebuah pola baru dengan menghubungkan satu informasi ke informasi lainnya dengan merencanakan penyusunan suatu program kerja. Kemampuan peserta didik dalam mengenali informasi atau data yang harus diperoleh agar mendapatkan solusi yang diperlukan.
3. Evaluasi merupakan kemampuan dalam menentukan penilaian terhadap sesuatu dengan mempertanggungjawabkan pendapat berdasarkan suatu kriteria tertentu.

Untuk lebih mamahami makna setiap indikator di atas, berikut disajikan butir soal keterampilan berpikir kritis,

Indikator 1 : Analisis

Seorang ibu menarik putrinya di atas kereta luncur. Gesekan antara kereta luncur dan es diabaikan, dan tali derek membuat sudut θ ke horizontal. Massa gabungan dari kereta luncur dan anak adalah M . Kereta luncur memiliki akselerasi dalam arah horizontal besarnya a .



(Gambar 1. Ilustrasi Penarikan Kereta Luncur)

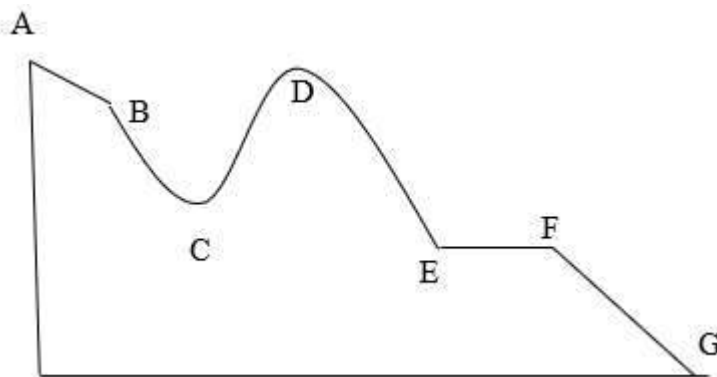
Dari pernyataan diatas hitung tegangan (T) dalam tali dan besarnya gaya normal(N) yang diberikan oleh es pada kereta luncur

Indikator 2 : Sintesis

Anggap bahwa volume cairan yang mengalir tiap detik, q yg melalui suatu tabung silinder tergantung pada gradien tekanan (P), jari-jari tabung r , dan koefisien viskositas (h). Gunakan metode dimensi untuk menemukan rumus q dalam suku p, r, h diketahui satuan dari viskositas adalah $\text{kg}/(\text{det m})$, satuan gradien tekanan N/m^3 , satuan q adalah m^3/det .

Indikator 3 : Evaluasi

Perhatikan gambar gerak bola berikut.



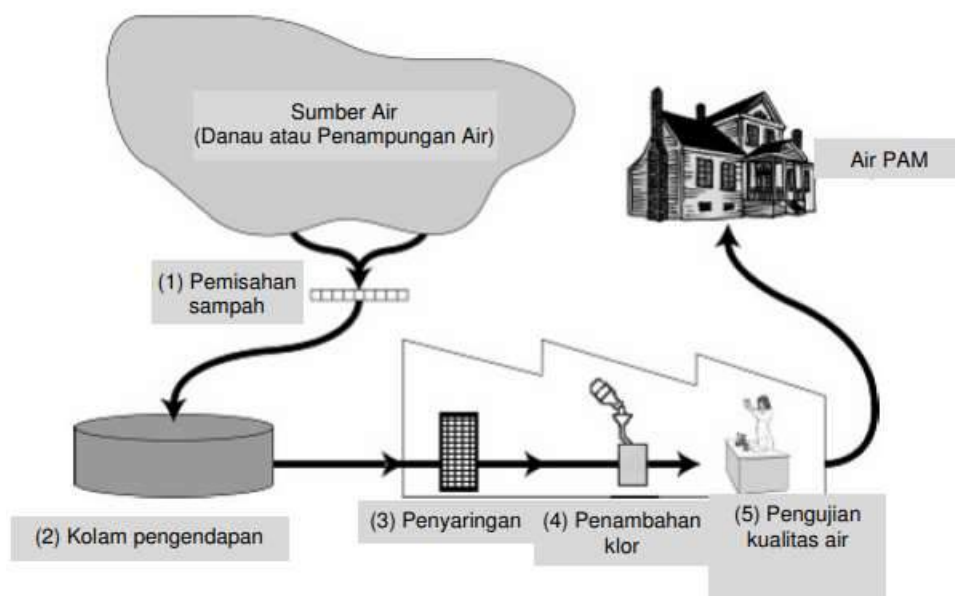
(Gambar 1. Lintasan percobaan gerak bola)

Adam melakukan percobaan gerak bola dengan lintasan seperti gambar. Apabila posisi awal bola diletakkan di titik A. Pada titik ke berapa kecepatan gerak bola akan mengalami perlambatan?

2. Indikator menurut Fisher (2008)

Berikut disajikan butir soal yang diadopsi dari “OECD Programme for International Student Assessment 2018” untuk memahami indikator yang dikembangkan oleh Fisher (2008)

Perhatikan gambar berikut ini!



(Gambar 2. Prosedur Pemasokan Air Layak Minum ke Rumah-Rumah di Kota)

1) Identifikasi unsur-unsur dalam kasus beralasan

Air tanah memiliki sumber yang baik untuk air minum. Air tanah mengandung sedikit bakteri dan zat pencemar dibandingkan dengan air permukaan seperti air danau dan sungai. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Jelaskan beserta alasannya!

2) Identifikasi dan evaluasi beberapa asumsi

Pada tahap 1 terdapat proses pemisahan sampah atau filter sampah, sampah terdapat beberapa jenis, menurut Anda dari semua jenis sampah manakah jenis sampah yang berpotensi besar menghambat proses tersebut? Berikan alasan-alasan di setiap jenis sampah sehingga Anda dapat menyimpulkan bahwa jenis sampah tersebut yang berpotensi besar!

3) Interpretasi beberapa pernyataan dan ide

Jelaskan proses pemasokan air tersebut secara verbal menurut gambar tersebut berdasarkan pengetahuan yang Anda miliki!

4) Seleksi informasi terutama kredibilitas, dan klaim-klaim

Berdasarkan pernyataan yang telah anda jelaskan pada nomer 3, apakah informasi-informasi yang Anda berikan sudah valid berdasarkan penelitian? Jelaskan alasannya!

5) Evaluasi beberapa argumen

Pada tahap ke dua, air ditampung dalam kolam pengendapan. Bagaimana cara tahap ini menyebabkan air menjadi lebih bersih? Pada proses penjernihan tahap ke empat, ditambahkan klor ke dalam air. Mengapa klor ditambahkan ke dalam air?

6) Analisis, evaluasi, dan hasil penjelasan informasi

Pada tahap (5) untuk pengujian kualitas, indikator apa saja yang membuat air layak minum berdasarkan pernyataan-pernyataan Anda di atas!

7) Membuat keputusan-keputusan

Jika seorang ilmuwan di bagian pengujian kualitas air pada perusahaan air minum menemukan bahwa terdapat bakteri yang berbahaya di dalam air setelah selesai diproses. Apa yang harus dilakukan orang di rumah sebelum meminumnya?

8) Menarik kesimpulan

Berdasarkan pernyataan-pernyataan di atas, apa kesimpulan yang Anda dapatkan terkait prosedur pemasokan air di rumah?

9) Menghasilkan argumen-argumen.

Menurut pendapat Anda, adakah inovasi lain terkait proses tersebut agar lebih efektif dan efisien sehingga air lebih layak dikonsumsi?

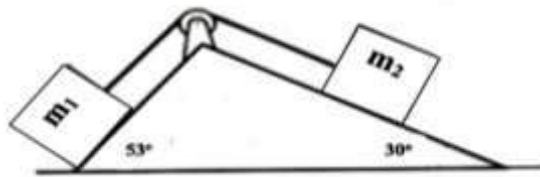
3. Indikator menurut Karim (2015:95) yang mengacu pada Facione, terdapat 4 indikator kemampuan berpikir kritis, di antaranya:

- 1) Interpretasi, yang merupakan pemahaman penyelesaian masalah dengan menuliskan diketahui dan ditanyakan dengan tepat.

- 2) Analisis yang meliputi identifikasi hubungan antara beragam pernyataan dengan konsep-konsep pada soal melalui permodelan persamaan matematika atau mengilustrasikan gambar dengan memberi penjelasan secara tepat dan lengkap.
- 3) Evaluasi yang meliputi strategi yang tepat dalam menyelesaikan soal, lengkap dan benar dalam melakukan perhitungan.
- 4) Interferensi yaitu menarik kesimpulan secara tepat dan akurat sesuai dengan interpretasi.

Untuk lebih mamahami makna setiap indikator di atas, berikut disajikan butir soal keterampilan berpikir kritis,

Dua buah balok bermasa sama m_1 dan m_2 berada pada suatu sistem seperti pada gambar di bawah ini



(Gambar 3. Balok bergerak pada bidang segitiga menggunakan katrol)

Bidang segitiga dibuat diam tidak dapat bergerak. Koefisien gesek statik dan kinetik kedua balok terhadap permukaan bidang segitiga sama besar yaitu $\mu = 0,3$. Bidang miring dianggap sangat panjang. Jika sistem dua balok diberi kecepatan awal 1 m/s ke arah kiri, berapa panjang lintasan yang ditempuh sebelum kedua balok berhenti? ($\sin 53 = 0,79$; $\cos 53 = 0,6$)

Penyelesaian :

Diketahui : **(Interprestasi)**

$$\mu_k = \mu_s = \mu = 0,3$$

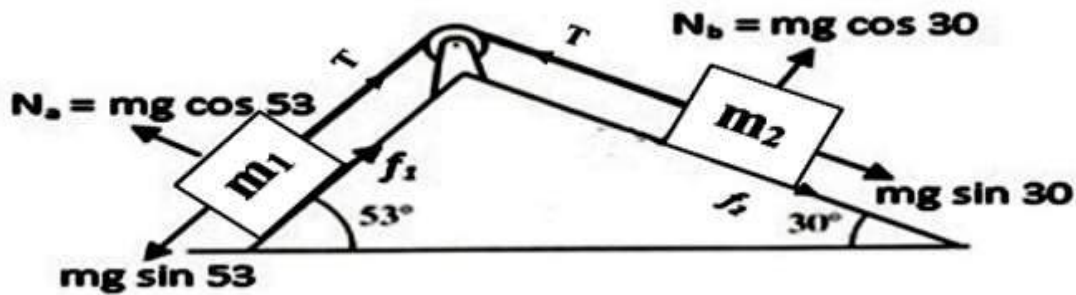
$$v_o = 1 \text{ m/s ke kiri}$$

$$\theta_1 = 53^\circ$$

$$\theta_2 = 30^\circ$$

Ditanyakan : Panjang lintasan (x)? **(Interprestasi)**

Peyelesaian :



(Gambar 4. Arah gaya balok bergerak pada bidang segitiga menggunakan katrol)

Berlaku hukum Newton: $\Sigma F = m a$, pada: **(Analisis)**

$$\text{Benda } m_1: \quad mg \sin 53 - f_1 - T = ma \quad (1)$$

$$\text{Benda } m_2: \quad T - f_2 - mg \sin 30 = ma \quad (2)$$

$$f_1 = \mu N_1 = \mu mg \cos 53 \quad (3)$$

$$f_2 = \mu N_2 = \mu mg \cos 30 \quad (4)$$

Substitusi (1) dan (2)

$$mg \sin 53 - \mu mg \cos 53 - \mu mg \cos 30 - mg \sin 30 = 2 ma$$

$$a = (\sin 53 - \mu \cos 53 - \mu \cos 30 - \sin 30) \frac{1}{2} g$$

$$= (0,8 - 0,18 - 0,26 - 0,5) \cdot 5 = -0,7 \text{ m/s}^2.$$

(perlambatan hingga balok berhenti) **(Evaluasi)**

$$v_x^2 = v_o^2 + 2ax$$

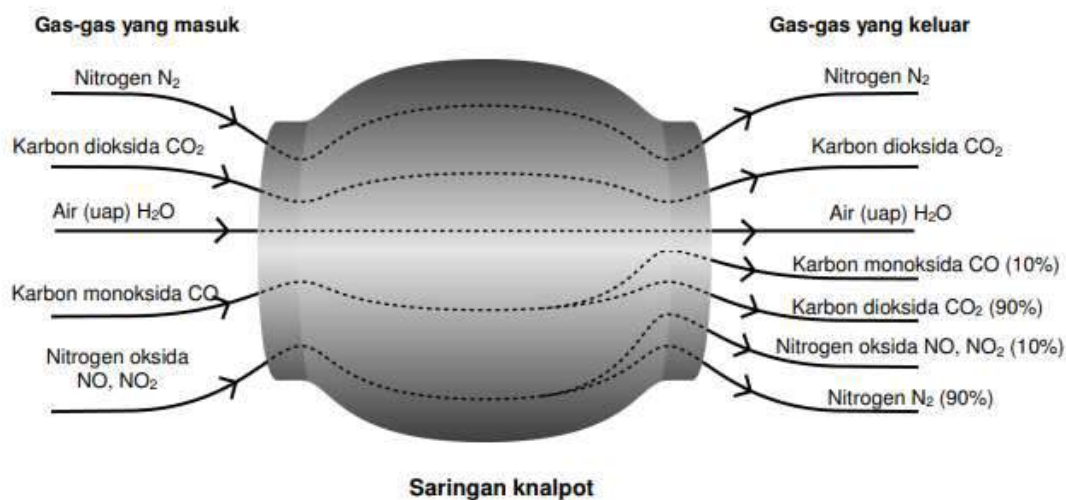
$$0 = 1 - 2,0,7.x$$

$$x = 0,714 \text{ m} = 71,4 \text{ cm (Interferensi)}$$

4. Indikator menurut Kuswana (2012:198)

Terdapat beberapa indikator kemampuan berpikir kritis, namun agar lebih memahami disajikan butir soal setiap indikator yang diadopsi dari “OECD Programme for International Student Assessment 2014” agar lebih memahaminya, diantaranya sebagai berikut,

“Saringan knalpot merupakan alat yang dapat membuang sekitar 90% gas berbahaya dari kendaraan menjadi kurang berbahaya. Umumnya, yang mengaplikasikan saringan tersebut adalah mobil-mobil modern. Di bawah ini adalah beberapa gas yang masuk ke dalam saringan dan cara gas-gas tersebut keluar dari saringan.”



(Gambar 5. Saringan knapot)

1) Identifikasi fokus permasalahan

Perubahan terjadi pada gas-gas di dalam saringan knalpot. Jelaskan hal yang terjadi dalam istilah atom dan molekul!

2) Analisis argumentasi

Gunakan informasi pada diagram di atas dan penjelasan pada nomer 1 untuk memberikan contoh cara saringan knalpot membuat gas buang menjadi kurang berbahaya!

3) Tanya jawab pertanyaan

Perhatikan gas-gas yang dilepaskan oleh saringan knalpot. Sebutkan satu masalah pada saringan knalpot yang para insinyur dan ilmuwan harus coba pecahkan untuk menghasilkan gas buang yang kurang berbahaya?

4) Identifikasi keputusan

Bagaimanakah cara yang dapat Anda lakukan untuk memecahkan permasalahan yang sudah Anda buat?

5) Membuat dan menilai laporan observasi

Setelah memberikan pernyataan di atas, menurut Anda apakah persentase pembuangan gas mengalami kenaikan sehingga cara pemecahan masalah tersebut dapat terlaksana secara efektif dan efisien? Jelaskan alasannya!

6) Menarik kesimpulan dan menilai keputusan

Berdasarkan rumusan permasalahan, keputusan seperti apa yang dapat Anda simpulkan?

7) Mempertimbangkan alasan tanpa mengabaikan ketidakpastian dan keraguan

Setelah memutuskan permasalahan tersebut, apakah hal tersebut dapat dimungkinkan terjadi dan tidak menghambat kinerja kendaraan dengan adanya saringan knalpot tersebut? Bagaimana solusinya jika hal tersebut terjadi?

8) Menggabungkan kemampuan, membuat dan mempertahankan keputusan.

Gas-gas yang dikeluarkan oleh saringan knalpot merupakan efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global, apakah semua jenis gas menimbulkan efek yang besar atau ada gas tertentu yang memberikan efek rumah kaca yang lebih besar? Jika tidak semua gas dapat disaring, gas manakah yang Anda prioritaskan untuk diminimalkan untuk disaring, apakah alasannya? Apakah Anda akan tetap memecahkan masalah tersebut dengan pernyataan Anda di atas?

5. Indikator berpikir kritis menurut Ennis (dalam Kartimi, 2013)

Terdapat 5 tahap berpikir dengan masing-masing indikatornya.

Tabel 1. Indikator Berpikir Kritis

Indikator keterampilan berpikir kritis	Sub indikator Keterampilan berpikir kritis	Penjelasan
Memberi penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Memusatkan pertanyaan	1. Mengidentifikasi atau merumuskan permasalahan 2. Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk mempertimbangkan kemungkinan jawaban 3. Menjaga kondisi berpikir
	Menganalisis argument	1. Mengidentifikasi kesimpulan. 2. Mengidentifikasi kalimat-kalimat pernyataan. 3. Mengidentifikasi kalimat-kalimat bukan pernyataan. 4. Mengidentifikasi dan menangani ketidaktepatan. 5. Melihat struktur dari suatu argumen. 6. Membuat ringkasan
	Bertanya dan menjawab pertanyaan	1. Memberi penjelasan sederhana 2. Menyebutkan contoh
Membangun keterampilan dasar	Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak	1. Mempertimbangkan keahlian. 2. Mempertimbangkan kemenarikan konflik. 3. Mempertimbangkan kesesuaian sumber. 4. Mempertimbangkan reputasi. 5. Mempertimbangkan penggunaan prosedur yang tepat.

Indikator keterampilan berpikir kritis	Sub indikator Keterampilan berpikir kritis	Penjelasan
		6. Mempertimbangkan resiko untuk reputasi. 7. Kemampuan untuk memberikan alasan. 8. Kebiasaan berhati-hati.
	Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan observasi	1. Melibatkan sedikit dugaan. 2. Menggunakan waktu yang singkat antara observasi dan laporan. 3. Melaporkan hasil observasi. 4. Merekam hasil observasi. 5. Menggunakan bukti-bukti yang benar. 6. Menggunakan akses yang baik. 7. Menggunakan teknologi. 8. Mempertanggung jawab kan hasil observasi.
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi	1. Siklus logika Euler 2. Mengkondisikan logika 3. Menyatakan tafsiran
	Menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi	1. Mengemukakan hal yang umum 2. Mengemukakan kesimpulan dan hipotesis 3. mengemukakan hipotesis 4. merancang eksperimen 5. menarik kesimpulan sesuai fakta 6. menarik kesimpulan dari hasil menyelidiki
	Membuat dan menentukan hasil pertimbangan	1. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan berdasarkan latar belakang fakta-fakta

Indikator keterampilan berpikir kritis	Sub indikator Keterampilan berpikir kritis	Penjelasan
		2. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan berdasarkan akibat 3. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan berdasarkan penerapan fakta 4. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan
Memberikan penjelasan lanjut (<i>advance clarification</i>)	Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi	1. Membuat bentuk definisi 2. Strategi membuat definisi 3. Membuat isi definisi
	Mengidentifikasi asumsi-asumsi	1. Penjelasan bukan pernyataan 2. Mengkontruksi argumen
Mengatur strategi dan taktik (<i>strategies and tactics</i>)	Menentukan suatu tindakan	1. Mengungkap masalah. 2. Memilih kriteria untuk mempertimbangkan solusi yang mungkin. 3. Merumuskan solusi alternatif. 4. Menentukan tindakan sementara. 5. Mengulang kembali. 6. Mengamati penerapannya.
	Berinteraksi dengan orang lain	1. Menggunakan argumen. 2. Menggunakan strategi logika. 3. Menggunakan strategi retorika. 4. Menunjukkan posisi, orasi, atau tulisan.

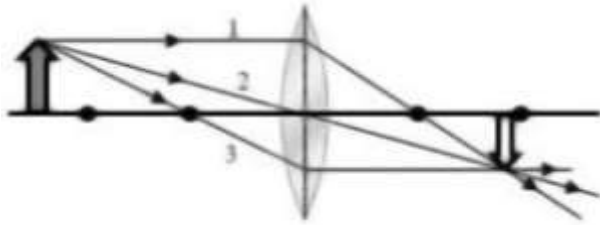
(Ennis dalam Kartimi, 2013)

Untuk lebih mamahami makna indikator pada tabel di atas, berikut disajikan butir soal keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan oleh Pradana, et al. (2017) dengan judul

“Pengembangan Tes Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Optik Geometri Untuk Mahasiswa Fisika”

Indikator 1 : Memberi penjelasan sederhana (*elementary clarification*)

Perhatikan gambar di bawah ini!

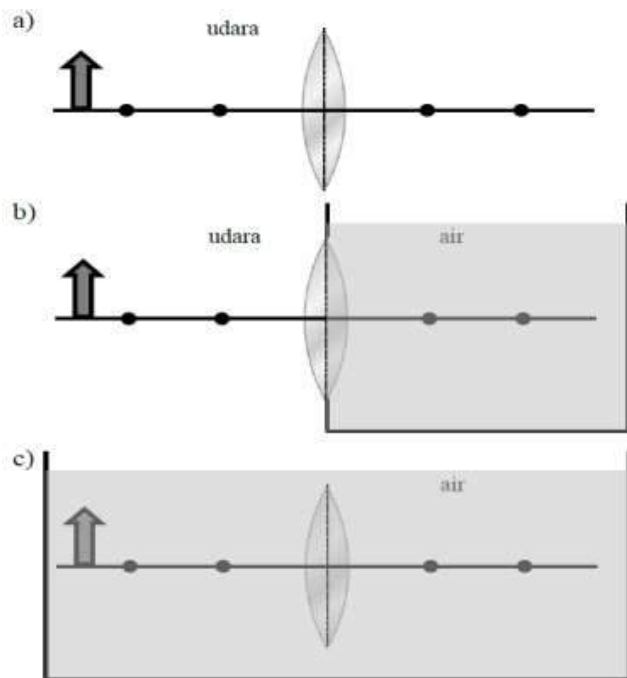


(Gambar 6. Pembentukan Bayangan Lensa Cembung)

Jika separuh bagian bawah lensa tersebut ditutup dengan kertas sehingga sinar (2) dan (3) tidak dapat masuk dalam lensa, **ajukan pertanyaan** dan **jawabannya** tentang keadaan bayangan! **Ajukan juga pertanyaan** dan **jawabannya** jika lensa yang ditutup separuh bagian atas! (Sumber : Pradana, S I S., Parno., & Handayanto, S K. 2017)

Indikator 2 : Membangun keterampilan dasar

Perhatikan gambar di bawah ini!



(Gambar 7. Pembentukan bayangan sinar)

Dari ketiga gambar tersebut, jelaskan pembentukan bayangan menggunakan diagram sinar!
(Sumber : Pradana, S I S., Parno., & Handayanto, S K. 2017)

Indikator 3 : Menyimpulkan (*inference*)



(Gambar 8. Pengamatan terhadap Ikan)

- Jika Anda berperan sebagai pengamat, dimanakah posisi ikan yang terlihat? Jelaskan dengan diagram sinar!
- Bagaimanakah posisi pengamat jika dilihat oleh ikan? Jelaskan dengan diagram sinar!

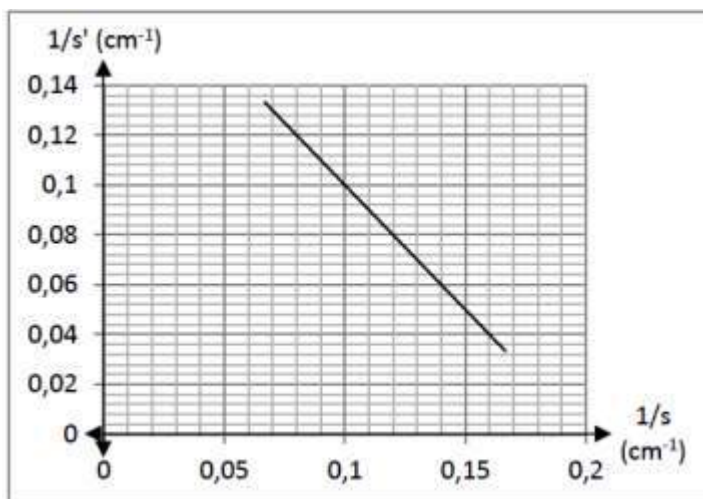
(Sumber : Pradana, S I S., Parno., & Handayanto, S K. 2017)

Indikator 4 : Memberikan penjelasan lanjut (*advance clarification*)

Berlian dapat bersinar atau memantulkan cahaya dikarenakan berkas cahaya yang masuk membentuk sudut lebih kecil dari pada sudut kritis. Hal ini menyebabkan berkas cahaya akan dipantulkan dan dibiaskan. Sehingga terjadi peristiwa pemantulan sempurna yang mengakibatkan berlian dapat bersinar jika terkena cahaya. Apakah pernyataan tersebut benar? Jelaskan alasannya!

Indikator 5 : Mengatur strategi dan taktik (*strategies and tactics*)

Suatu percobaan lensa cembung (+) menghasilkan data yang digambarkan pada grafik hubungan antara $(1/s)$ dan $(1/s')$ berikut ini!



(Gambar 9. Grafik Hubungan antara $(1/s)$ dan $(1/s')$ pada Percobaan Lensa Cembung)

- Tentukan persamaan garis pada grafik tersebut!
- Tentukan jarak fokus lensa cembung (+) yang digunakan dalam percobaan tersebut menggunakan salah satu data percobaan !
- Jelaskan bahwa saat benda berada di tempat jauh tak hingga, bayangan yang terbentuk akan tepat pada titik fokus!

(Sumber : Pradana, S I S., Parno., & Handayanto, S K. 2017)

Berdasarkan penelitian oleh Nuryanti, *et al.* (2018) menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik guru merancang dan mengembangkan perangkat pembelajaran yang lebih kreatif menggunakan indikator berpikir kritis pada setiap materi dengan

melibatkan dalam pembelajaran sehingga dapat melatih kemampuan peserta didik untuk berpikir kritis melalui pembelajaran aktif dan bermakna.

DAFTAR RUJUKAN

- Alec, Fisher. 2008. *Berpikir Kritis Sebuah Pengantar*. Jakarta : Erlangga.
- Arends, R. I. (2013). *Belajar Untuk Mengajar (Learning to Teach)*. Jakarta Selatan: Salemba Humanika.
- Bächtold, M. (2012). *Les fondements des sciences basés sur l'investigation*. Tréma, 38, 7–39.
- Bergman, J., & Sams, A. (2014). *The flipped classroom Repentigny*. Québec: Reynald Goulet.
- Calmettes, B. (dir.). (2012). *Didactique des sciences et démarches d'investigation*. Paris: L'Harmattan.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). *Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design*. Journal of the Learning Sciences, 8(3–4), 391–450.
- Ellenberg, J. (2015). *How not to be wrong*. London: Penguin
- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking : An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*. University of Illinois. Diakses pada 12 November 2020. (https://education.illinois.edu/docs/default-source/faculty-documents/robert-ennis/thenatureofcriticalthinking_51711_000.pdf)
- EU. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe (European Commission)*. Brussels: EC.
- Fatimah, N., Gunawan, G., & Wahyudi, W. (2017). *Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Strategi Konflik Kognitif terhadap Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Siswa Kelas XI SMKN 1 Lingsar tahun pelajaran 2015/2016*. Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, 2(4), 183-190
- Fithriyah, I. (2016). *Analisis kemampuan berpikir kritis siswa kelas IX-D SMPN 17 Malang*. Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya (KNPMP I), Universitas Muhammadiyah Surakarta, 580- 590
- Flick, L. B., & Lederman, N. G. (Eds.). (2006). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education (Science & Technology Education Library)*. Dordrecht: Kluwer.
- Gauvrit, N. (2007). *Statistiques méfiez-vous!*. Paris: Ellipse.

- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). *Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence*. International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 3(2), 16.
- Hidayanti, Dwi., As'ari, A. R., & Daniel C, Tjang. (2016). *Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Kelas IX Pada Materi Kesebangunan*. Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya (KNPMP I) 276, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 03, 276-285
- Karim & Normaya. (2015). *Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Matematika dengan Menggunakan Model Jucama di Sekolah Menengah Pertama*. Jurnal Pendidikan Matematika. 3(1): 92-104
- Kartimi. (2013). *Pengembangan Alat Ukur Keterampilan Berpikir Kritis Kimia untuk SMA*.Desertasi. SPSS UPI. Bandung
- Keynes, M. (2008). *Thinking Critically*. United Kingdom: Thanet Press.
- Kivunja, C. (2015). *Why Students Don't Like Assessment and How to Change Their Perceptions in 21st Century Pedagogies*. Creative Education, 2117-2126
- Krathwohl, D. R. (2002). *A revision of Bloom's taxonomy: An overview*. Theory into Practice, 41(4), 212-218.
- Kurniawati, I. D., & Diantoro, M. (2014). *The Effect Of Peer Instruction Integrated Guided Inquiry Learning On Concepts Acquisition And Critical Thinking of Students*. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 10 (1), 36-46
- Kuswana, W. S. (2012). *Taksonomi Kognitif Perkembangan Ragam Berpikir*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya Offset.
- Marwan, M., Khaeruddin, K., & Amin, B. D. (2020). *Pengembangan Instrumen Asesmen Higher Order Thinking Skills (HOTS) Pada Bidang Studi Fisika*. Prosiding Seminar Nasional Fisika PPs UNM, 02, 116–119.
- Mas'ula, Nanda., & Rokhis, Tria Ainur. (2020). *Pengembangan Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa pada Pokok Bahasan Kinematika*. SAP (Susunan Artikel Pendidikan), 4(3), 177-185
- Noddings, N., & Brooks, L. (2016). *Teaching controversial issues: The case for critical thinking and moral commitment in the classroom*. New York: Teachers College Press
- Nuryanti, Lilis., Zubaidah, Siti., Diantoro., Markus. (2018). *Analisis kemampuan berpikir kritis siswa SMP*. Jurnal Pendidikan 3.2: 155-158.

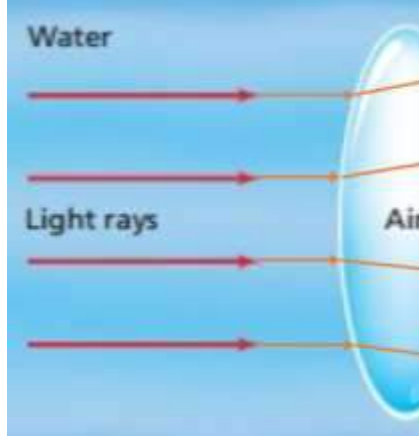
- Ogborn, J. (1996). *Explaining science in the classroom* (p. 65). Buckingham: Open University Press.
- Pradana, S I S., Parno., & Handayanto, S K. (2017). *Pengembangan Tes Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Optik Geometri untuk Mahasiswa Fisika*. Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan, 21(1), 51-64
- Pusat Penilaian Pendidikan. (2014). *OECD Programme For International Student Assessment 2018 Buku Tes Fisika*. Jakarta : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan
- Surya, Mohammad. (2015). *Strategi Kognitif Dalam Proses Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta Bandung
- Vermunt, J. D. (1996). *Metacognitive, cognitive and affective aspects of learning styles and strategies: A phenomenographic analysis*. Higher Education, 31, 25–50.
- Viennot, Laurence & Décamp, Nicolas. (2019). *Developing Critical Thinking in Physics The Apprenticeship of Critique*. Contributions from Science Education Research 7
- Willingham, D. T. (2007). *Critical thinking why is it so hard to teach?*. American Educator, 1–19.

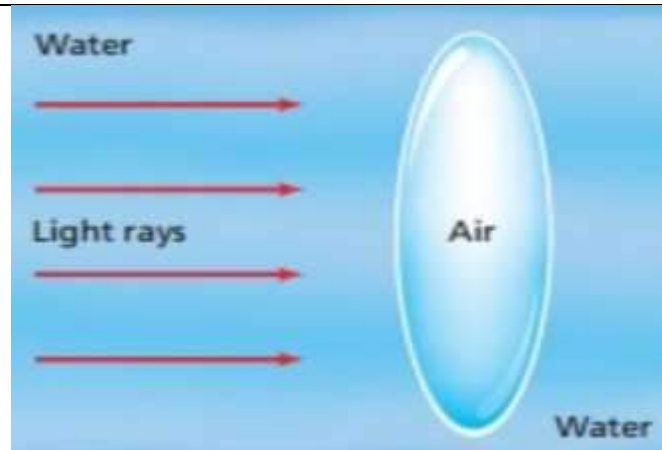
INSTRUMEN PENILAIAN KETERAMPILAN BERFIKIR KRITIS

Item soal 1

Kemampuan Berfikir Kritis	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Kunci Jawaban
Memberikan penjelasan dasar	Disajikan informasi gambar tentang terbakarnya armada menggunakan cermin cekung. Mahasiswa dapat menjelaskan kesesuaian pernyataan pada soal.	 Gambar di atas mengilustrasikan tentang peritiswa Archimedes membakar seluruh armada Roma secara bersamaan di pelabuhan Syracuse dengan cara memfokuskan cahaya matahari pada sebuah cermin cekung raksasa. Berikan penjelasan anda tentang informasi sesuai gambar diatas!	Informasi tersebut tidak sesuai dengan konsep fisika yang benar. Karena cermin cekung hanya memiliki satu titik focus sehingga armada Roma tidak terbakar seluruhnya secara bersamaan, namun hanya terbakar dibagian tertentu.

Item Soal 2

Kemampuan Berfikir Kritis	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Kunci Jawaban
Membangun Keterampilan dasar	Disajikan informasi dan gambar lensa udara yang terbuat dari dua kaca arloji yang diletakkan dalam air. Mahasiswa dapat menggambarkan perjalanan sinar sebagai akibat dari lensa tersebut.	Gelas arloji atau kaca arloji adalah salah satu dari instrumen peralatan gelas laboratorium yang digunakan sebagai tempat menimbang bahan kimia berupa pasta, padatan atau bubuk. Alat ini terbuat dari kaca atau gelas dengan berbentuk bulat dan cekung kebawah. Informasi tersebut diperoleh dari Wikipedia yang diupload pada 9 Agustus 2021, pukul 02.29.  Seorang mahasiswa Fisika Universitas Negeri Surabaya menyusun sebuah lensa udara yang terbuat dari dua kaca arloji dan ditempatkan dalam tangki air, seperti tampak pada gambar dibawah ini .	 Perjalanan sinar tersebut mengikuti hokum Snellius pada pembiasan. Dibutuhkan strategi dan taktik dari mahasiswa dalam menjawab soal ini.



Salin dan gambar efek lensa ini pada sinar paralel yang datang pada lensa!

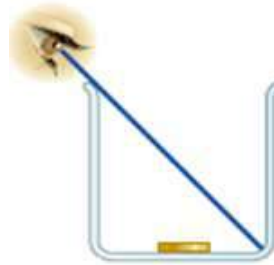
Item Soal 3

Kemampuan Berfikir Kritis	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Kunci Jawaban																		
Menyimpulkan	Disajikan tabel hasil percobaan pemantulan pada cermin cekung. Mahasiswa mampu menggambar grafik selanjutnya menyimpulkan hubungan jarak fokus, jarak benda dan jarak bayangan pada cermin cekung.	Berikut ini adadalah data hasil percobaan fisika menggunakan cermin cekung. <table><tr><th>perc</th><th>So (cm)</th><th>Si (cm)</th></tr><tr><td>1</td><td>5</td><td>-10</td></tr><tr><td>2</td><td>15</td><td>30</td></tr><tr><td>3</td><td>20</td><td>20</td></tr><tr><td>4</td><td>30</td><td>15</td></tr><tr><td>5</td><td>60</td><td>12</td></tr></table> Keterangan: So = Jarak objek Si = jarak bayangan Berdasarkan tabel di atas: a. Hitunglah panjang fokus cermin cekung yang dipakai! b. Buatlah kesimpulan hubungan jarak focus cermin, jarak benda dan jarak bayangan !	perc	So (cm)	Si (cm)	1	5	-10	2	15	30	3	20	20	4	30	15	5	60	12	a. jarak focus dihitung dengan mengeplot grafik hubungan jarak benda (So) dan jarak bayangan (Si) diperoleh jarak focus (f) = 10 cm. b. hubungan jarak focus (f), jarak benda (So) dan jarak bayangan (Si) memenuhi persamaan: $\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$
perc	So (cm)	Si (cm)																			
1	5	-10																			
2	15	30																			
3	20	20																			
4	30	15																			
5	60	12																			

Item Soal 4

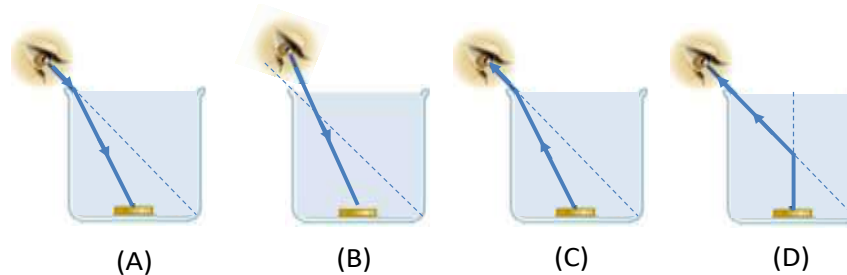
Kemampuan Berfikir Kritis	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Kunci Jawaban
Memberikan penjelasan lanjutan	Disajikan informasi dan gambar coin yang diletakkan ditengah-tengah dasar gelas kosong. Mahasiswa	Pada percobaan Fisika, seorang mahasiswa meletakkan sebuah koin ditengah-tengah dasar bejana seperti pada gambar.	Pilihan yang tepat adalah gambar C. sinar dating dari koin menuju mata sesuai jawaban C. Hal ini terjadi karena sinar melewati batas dua medium berbeda. Pada

dapat memilih dan memberikan penjelasan lanjutan ketika gelas tersebut diisi penuh air.



Ketika gelas kosong, dengan posisi pandang seperti ditunjukkan pada gambar ini, pengamat tidak melihat adanya koin yang berada di tengah-tengah dasar gelas.

Pilih dan jelaskan manakah diagram sinar yang benar jika gelas diisi air hingga penuh!



Pilihan gambar: ...
Penjelasan:

kasus ini sinar datang dari air ke udara sehingga sinar membelok sesuai gambar C. akibatnya koin akan terlihat.

Item Soal 5

Kemampuan Berfikir Kritis	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Kunci Jawaban
Strategi dan Taktik	Disajikan informasi terkait rencana pemasangan cermin pada pertigaan di salah satu perumahan di kota Sidoarjo. Mahasiswa dapat menggunakan strategi dan taktik dalam memilih jenis cermin dan menentukan tempat pemasangan cermin yang tepat serta menggambar proses terbentuknya bayangan pada cermin tersebut.	Berikut ini adalah gambar tampak atas sebuah perumahan di wilayah kota Sidoarjo. Gambar tersebut diambil pada 6 Juli 2020 oleh tim Kompas.com sebagai ilustrasi rumah tusuk sate yang menjadi prokontra dikalangan masyarakat sebagai mitos atau fakta. Pengembang perumahan menggunakan gambar tersebut untuk keperluan keamanan dan keselamatan di lingkungan perumahan. Untuk menghindari kecelakaan bagi pengendara, pengembang perumahan berencana memasang sebuah cermin dititik A,B,C,D atau E dengan terlebih dahulu memilih jenis cermin yang tepat.  Berdasarkan informasi di atas,	Cermin yang dipilih adalah cermin cembung dengan sifat bayangan: maya, tegak dan diperkecil. Posisi cermin untuk keamanan adalah di A dan D.

		a. Jelaskan jenis cermin apa yang dipilih pengembang perumahan dan pada titik mana saja cermin itu seharusnya dipasang untuk menghindari kecelakaan bagi pengendara? b. Gambarkan proses perjalanan sinar pada cermin yang dipilih pada soal a untuk memperkuat penjelasan anda!	
--	--	---	--

Kemampuan Kreativitas

**Tim Asesmen Hasil Belajar dan
Pembelajaran Fisika**



KREATIVITAS

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kreativitas adalah kemampuan untuk mencipta; daya cipta. Menurut Weisberg (2006), Kreativitas adalah apapun yang sebelumnya tidak dikenal pembuatnya atau baru. Weisberg (2006) mengemukakan kriteria kreativitas yang meliputi tiga dimensi, yakni: (1) Dimensi proses. Kreativitas merupakan semua hal yang dihasilkan dari sebuah proses. Proses ini kemudian dihubungkan dengan tahap-tahap berpikir kreatif; (2) Dimensi person. Kriteria kreativitas berdasarkan dimensi person ini identik dengan kepribadian kreatif atau sikap kreatif; dan (3) Dimensi produk atau hasil. Kriteria kreativitas berdasarkan dimensi produk seringkali disebut sebagai kriteria puncak.

Buku “*Encyclopedia of creativity*” memberikan dua definisi paling umum tentang kreativitas. Pertama, kreativitas melibatkan produksi sesuatu yang baru atau tidak biasa yang memiliki nilai di dunia. Kedua, konsepsi Guilford tentang berpikir divergen, kreativitas melibatkan produksi ide-ide baru dan tidak biasa, serta memikirkan solusi-solusi yang unik untuk menyelesaikan masalah. Kreativitas memiliki empat dimensi, yaitu kemampuan untuk menghasilkan sejumlah besar ide atau solusi masalah (*fluency*), jumlah kategori yang berbeda dari tanggapan yang relevan (*flexibility*), kemampuan untuk menghasilkan ide-ide baru dan asli (*originality*), dan memberikan tanggapan secara detail dan sistematis (*elaboration*) (Cohen & Ambrose, 1999). Liu & Lin, 2013 dan Torrance, 2013 mendeskripsikan kreativitas sebagai proses kreatif, pribadi kreatif, produk kreatif, dan lingkungan kreatif.

a. Proses Kreatif

Kreativitas merupakan proses kepekaan terhadap masalah, mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, menguji hipotesis, kemungkinan memodifikasi dan menguji ulang hipotesis, dan mengkomunikasikan hasilnya (Torrance, 2013). Mahasiswa berusaha terlibat di setiap tahap kreativitas ketika merasakan beberapa kekurangan atau ketidaksesuaian, ketegangan atau rangsangan. Kebiasaan untuk menghindari solusi yang biasa dengan menyelidiki, mendiagnosis, memanipulasi, membuat dugaan dan menguji dugaan, melakukan modifikasi dan menguji ulang sampai menemukan solusi yang diinginkan. Kreativitas adalah proses penempatan elemen secara bersama-sama untuk membentuk satu kesatuan yang koheren atau fungsional, yaitu reorganisasi elemen ke dalam pola/struktur baru (Krathwohl, 2002). Berdasarkan penjelasan di atas, proses kreatif dilaksanakan dalam tiga tahapan, yaitu: (1) representasi

masalah, mahasiswa mencoba memahami masalah dan menghasilkan solusi yang mungkin, (2) perencanaan solusi, mahasiswa berusaha meneliti kemungkinan dan merencanakan suatu rencana yang bisa diterapkan, dan (3) pelaksanaan solusi, mahasiswa berusaha melaksanakan rencana untuk menemukan solusi yang diharapkan.

b. Pribadi Kreatif

Kreativitas berkembang dalam diri individu dalam bentuk sikap, kebiasaan, dan tindakan untuk menghasilkan sesuatu yang baru dan asli dalam memecahkan suatu masalah (Torrance, 2013). Pribadi kreatif memiliki kemampuan untuk menerima perubahan dan kebaruan, kemauan bermain dengan ide-ide dan peluang, memiliki pandangan fleksibel, dan berusaha menyelesaikan masalah (Sudarma, 2012). Beberapa karakteristik pribadi kreatif di antaranya bersedia mengidentifikasi masalah, mempertanyakan dan menganalisis asumsi, berusaha menyampaikan ide-ide kreatif, kesediaan mengatasi hambatan, kemauan mengambil risiko secara logis, menerima perbedaan, memiliki keyakinan diri, dan tidak cepat merasa puas (Stenberg, 2009). Berdasarkan penjelasan di atas, pribadi kreatif menjadikan mahasiswa bertanggung jawab untuk menjadi lebih kreatif dan berusaha sukses dalam belajarnya.

c. Produk Kreatif

Kreativitas merupakan kemampuan untuk memproduksi ide-ide baru dan berguna dalam menyelesaikan masalah (Moreno, 2010; Santrock, 2009; Stenberg, 2009). Produk kreatif termasuk hasil berpikir kreatif yang dilihat sebagai sesuatu yang baru (Nur, 2014). Produk kreatif tidak harus berupa sebuah benda, tetapi bisa berupa ide atau karya tulis, tidak harus baru tetapi bisa hasil penggabungan, pengubahan, atau penambahan ide-ide yang ada (Sudarma, 2012). Berdasarkan penjelasan di atas, produk kreatif mahasiswa dapat berupa sebuah benda atau ide-ide baru dan berguna dalam menyelesaikan masalah.

d. Lingkungan Kreatif

Lingkungan kreatif dapat mendorong pengembangan potensi diri seseorang untuk menggerakkan perilaku kreatif (Nur, 2014). Moreno (2010) menjelaskan lingkungan yang mendukung pembelajaran kreatif di antaranya: (1) mahasiswa merasa aman untuk berbagi ide-ide yang tidak biasa dengan orang lain dan berani mengambil resiko; dan (2) lingkungan belajar berbasis otonomi, mahasiswa diberikan kebebasan memilih dan menyampaikan ide-ide kreatifnya sendiri. Mahasiswa lebih kreatif ketika menginginkan sesuatu yang baru, berusaha

bervariasi dan lebih baik, berusaha menyampaikan ide-ide dan menyelesaikan masalah (Sudarma, 2012). Mahasiswa dapat diberikan motivasi internal selama proses pembelajaran, dibantu berpikir fleksibel, dan tidak dikendalikan secara berlebihan (Santrock, 2009). Berdasarkan penjelasan di atas, dosen menciptakan lingkungan kreatif dengan mengkondisikan suasana belajar berbasis otonomi yang terbuka, demokratis, dan positif untuk kesuksesan dalam proses pembelajaran.

Instrument Tes Kemampuan Kreativitas

Dimensi Kreativitas	Indikator Butir Soal	Butir Soal	Rubrik Penilaian
	Diberikan suatu permasalahan aliran air dari sumber mata air untuk dimanfaatkan dalam rumah tangga, mahasiswa dapat: 1. Menghasilkan solusi masalah. (<i>fluency</i>) 2. Membuat desain instalasi pipa disertai penjelasan logisnya. (<i>originality</i>) 3. Membuat alternatif lain instalasi pipa yang memungkinkan untuk diterapkan di dalam rumah. (<i>flexibility</i>) 4. Mengevaluasi desain instalasi pipa yang telah dibuat melalui penalaran konsep fluida dinamis. (<i>elaboration</i>)	Angga sedang membangun rumah sederhana di daerah kaki gunung Welirang. Untuk memutuskan tinggal di calon rumah barunya, Angga mencari tahu bagaimana cara mendapatkan air untuk keperluan sehari-harinya. Ternyata, warga di sekitarnya menggunakan air dari sumber mata air yang dialirkan ke pemukiman melalui pipa-pipa. Tidak jarang, warga sekitar hanya memiliki satu sumber pipa di bak penampungan air di kamar mandinya. Hal itu akan sedikit merepotkan saat Angga memiliki mobilitas tinggi jika harus memindahkan air secara manual ketika membutuhkan untuk keperluan lain. Agar Angga dapat menggunakan air sesuai keperluannya sehari-hari (mencuci, memasak, mencuci piring, mandi, dsb), diperlukan beberapa titik sumber air di dalam rumah agar lebih efektif dan efisien. Bantulah Angga untuk mengatasi permasalahan yang dialami tersebut.	
Fluency		1. Bagaimanakah sebaiknya cara untuk menampung air dari sumber mata air agar dapat dimanfaatkan untuk beberapa ruangan yang ada di rumah Angga nantinya?	Alternatif jawaban: 1. Dibuat tandon air di bagian rumah yang memperhatikan posisi ketinggian terhadap sumber air dari pipa yang mengalirkan air dari sumber mata air pegunungan agar tidak

			perlu menggunakan pompa air. 2. Membuat tandon bawah untuk menampung air dari sumber mata air, kemudian memasang pompa air agar dapat menggunakan air sewaktu-waktu sesuai kebutuhan. 3. Membuat tandon bawah untuk menampung air dari sumber mata air dan membuat tandon atas untuk menampung air di atas untuk persediaan agar dapat digunakan sewaktu-waktu meskipun terjadi listrik padam. 4. Alternatif jawaban lainnya yang logis (jawaban bersifat divergen)
Originality		2. Bagaimanakah desain instalasi pipa yang sebaiknya digunakan oleh Angga jika terdapat 2 kamar mandi, 1 wastafel dapur, 1 kran mesin cuci, 1 kran sumber air untuk memasak, serta 1 kran air di depan rumah untuk menyiram tanaman?	Desain yang inovatif dan logis berdasarkan kebutuhan keran air serta penggunaan tandon atau tidak. (sesuai kreativitas masing-masing siswa). Rubrik penilaian: 4 (sangat baik) jika memperhatikan keberadaan tandon dan instalasi pipa dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal, serta memperhatikan efisiensi penggunaannya. 3 (baik) jika memperhatikan keberadaan tandon dan

			instalasi pipa dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal tanpa memperhatikan efisiensi enggunaannya. 2 (cukup) tidak memperhatikan keberadaan tandon dan instalasi pipa dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal 1 (kurang) tidak memperhatikan keberadaan tandon dan instalasi pipa tidak dapat memenuhi kebutuhan yang disebutkan di soal 0 jika tidak membuat desain instalasi pipa
<i>Flexibility</i>		3. Bagaimana rencana alternatif yang dapat Anda berikan kepada Angga jika Angga tidak memiliki tandon air?	Membuat desain yang memperhatikan ketinggian pipa dari sumber mata air dan pipa penghubung yang masuk ke dalam rumah. Desain rumah juga perlu diperhatikan jika memang tidak ada tandon di rumah tersebut. (jawaban bersifat divergen, jawaban benar jika desain yang digambar logis dan memenuhi hukum/sifat fluida dinamis)
<i>Elaboration</i>		4. Menurut Anda, manakah desain yang lebih efektif digunakan? Desain instalasi pipa air di rumah yang menggunakan tandon air atau yang tanpa tandon air? Jelaskan pula	Terkait stbilitas debit fluida dan penggunaan air duntuk kebutuhan sehari-hari, lebih efektif

		efektivitas instalasi pipa air berdasarkan konsep fluida dinamis!	menggunakan tandon air. Karena debit air dari sumber tidak selalu konstan. Pengaturan ketinggian pipa mulai dari sumber air hingga ke keran keluaran perlu disusun dengan baik untuk memperkirakan aliran air karena perbedaan tekanan air dalam pipa dengan ketinggian yang berbeda (memperhatikan prinsip Bernoulli) (jawaban bersifat divergen, jawaban yang benar jika memberikan narasi lengkap penjelasan efektivitas pemilihan desain instalasi pipa dengan memperhatikan prinsip Bernoulli pada fluida dinamis)
--	--	--	---

LEMBAR PEMBAHASAN

~~Proposal/Laporan Kemajuan/Laporan Akhir~~*) Penelitian Dasar Tahun 2021 dengan judul:
PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KETERAMPILAN BERFIKIR TINGKAT TINGGI (HOTS)

Dengan Pelaksana berikut:

1. Dr. Titin Sunarti, M.Si.
2. Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.
3. Abu Zaiduddin, S.Pd., M.Pd.
4. Mukhayyarotin N.R.J., S.Pd., M.Pd.

telah direview pada hari Senin, tanggal 29 Nopember 2021 di Universitas Negeri Surabaya secara daring

Catatan:

1. Pada bab v ditambahkan pembahasan hasil penelitian
2. Hasil analisis validasi tidak dirata-rata, tetapi dipilih modus atau scor yang terendah
3. Luaran bisa diunggah di simlppm, untuk Artikel yang diseminarkan di forum seminar internasional tidak menunggu di publish di journal yang sudah ditentukan. Dan untuk luaran buku juga demikian tidak menunggu ISBN

Surabaya, 29 Nopember 2021

Reviewer 1,



Dr. Masriyan, M.Pd.
NIP 196002111989032002

*) Coret salah satu

LEMBAR PEMBAHASAN

~~Proposal/Laporan Kemajuan/Laporan Akhir~~*) Penelitian Dasar Tahun 2021 dengan judul:
**PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KETERAMPILAN BERFIKIR TINGKAT TINGGI (HOTS)
DAN LITERASI SAINS**

Dengan Pelaksana berikut:

1. Dr. Titin Sunarti, M.Si.
2. Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.
3. Abu Zaiduddin, S.Pd., M.Pd.
4. Mukhayyarotin N.R.J., S.Pd., M.Pd.

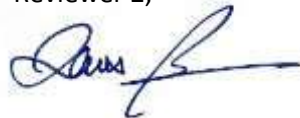
telah direview pada hari Senin, tanggal 29 Nopember di Universitas Negeri Surabaya secara daring

Catatan:

1. Pada bab v ditambahkan pembahasan hasil penelitian
2. Hasil analisis validasi tidak dirata-rata, tetapi dipilih modus atau scor yang terendah
3. Luaran bisa diunggah di simlppm, untuk Artikel yang diseminarkan di forum seminar internasional tidak menunggu di publish di journal yang sudah ditentukan. Dan untuk luaran buku juga demikian tidak menunggu ISBN

Surabaya, 29 Nopember 2021

Reviewer 2,



Dr. Tarzan Purnomo, M.Si.

NIP 196505051992031005

*) Coret salah satu

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Akhir Penelitian yang berjudul :

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI (HOTS)

Dengan pelaksanai beriku:

1. Dr. Titin Sunarti, M.Si.
2. Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.
3. Abu Zainuddin, S.Pd., M.Pd.
4. Mukhayyarotin N.R.J., S.Pd., M.Pd

Telah dipaparkan pada tanggal 29 Nopember 2021 di Universitas Negeri Surabaya secara daring

Sudah dilakukan revisi sesuai dengan masukan pembahas.

Surabaya, 29 Nopember 2021
Reviewer,



Dr. Masriyah, M.Pd.
NIP 196002111989032002

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Akhir Penelitian yang berjudul :

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI (HOTS)

Dengan pelaksanai berikut:

1. Dr. Titin Sunarti, M.Si.
2. Woro Setyarsih, S.Pd., M.Si.
3. Abu Zainuddin, S.Pd., M.Pd.
4. Mukhayyarotin N.R.J., S.Pd., M.Pd

Telah dipaparkan pada tanggal 29 Nopember 2021 di Universitas Negeri Surabaya secara daring

Sudah dilakukan revisi sesuai dengan masukan pembahas.

Surabaya, 29 Nopember 2021
Reviewer,



Dr. Tarzan Purnomo, M.Si.
NIP 196505051992031005