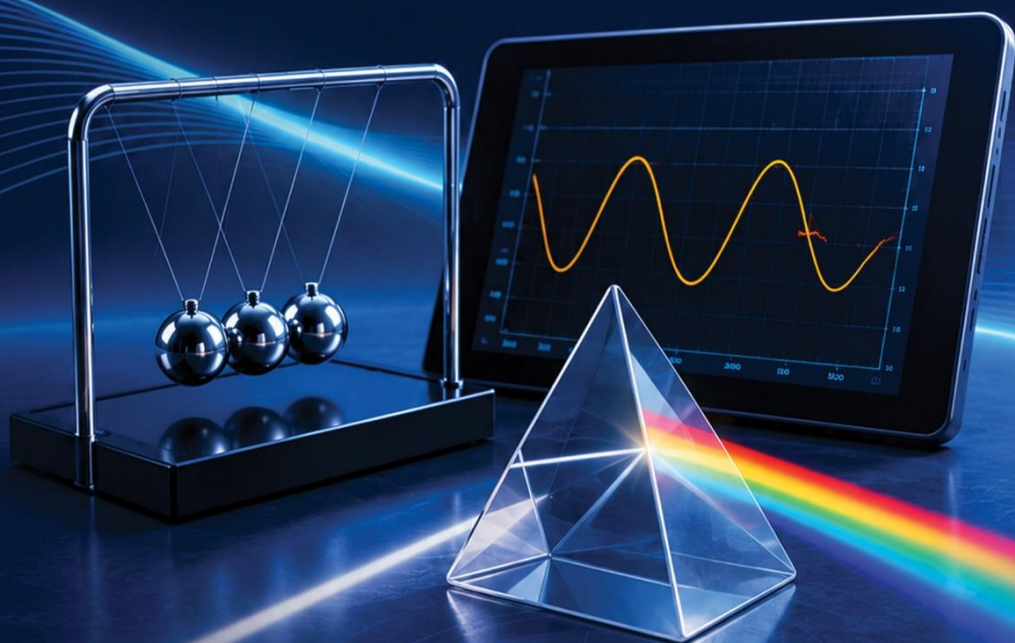


TEKNOLOGI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA



Dr. Thoha Firdaus, M.Pd.Si.

TEKNOLOGI MEDIA

PEMBELAJARAN FISIKA

*“Kerangka Berpikir yang Tahan Zaman bagi Pendidik,
Mahasiswa, dan Praktisi”*

DR. THOHA FIRDAUS, M.PD.SI.

www.penerbitkbm.com

Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit





Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit

PENERBIT KBM INDONESIA adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku buku penulis di tanah air Indonesia. Serta menjadi media sharing proses penerbitan buku.

TEKNOLOGI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA

Kerangka Berpikir yang Tahan Zaman bagi Pendidik, Mahasiswa, dan Praktisi

Copyright @2026 By Dr. Thoha Firdaus, M.Pd.Si.

All right reserved

Penulis

Dr. Thoha Firdaus, M.Pd.Si.

Desain Sampul

Eca Art

Tata Letak

Mia Ahmad

Editor

Dr. Muhamad Husein Maruapey, Drs., M.Sc.

Official

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor)

Penerbit Karya Bakti Makmur (KBM) Indonesia

Anggota IKAPI/No. IKAPI 279/JTI/2021

081357517526 (Tlpn/WA)

Website

<https://penerbitkbm.com>

www.penerbitbukumurah.com

Penjualan Buku

Website: <https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Shopee: @penerbitKBM

Youtube

@PenerbitKBMOfficial

Tiktok

@penerbitkbm

Email

naskah@penerbitkbm.com

E-ISBN: 978-634-278-673-4

Cetakan ke-1, Agustus 2026

15,5 x 23 cm, vi + 126 halaman

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit

Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di DJKI-Kemenkumham
dan isi buku dilindungi undang-undang.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum



Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya buku ini. Buku Teknologi Media Pembelajaran Fisika ini lahir dari sebuah keprihatinan sekaligus harapan. Keprihatinan, karena begitu banyak buku tentang media pembelajaran yang cepat usang, terikat pada aplikasi tertentu yang berganti dalam hitungan tahun. Harapan, karena penulis meyakini bahwa ada cara lain untuk menulis tentang teknologi pembelajaran: dengan menekankan prinsip yang tahan zaman, bukan perkakas yang sementara.

Buku ini ditulis dengan satu prinsip yang menjadi ruhnya: teknologi adalah sarana, pembelajaran adalah tujuan, dan yang menjembatani keduanya adalah penalaran yang berprinsip. Alih-alih membekali pembaca dengan tutorial penggunaan aplikasi yang pasti akan ketinggalan zaman, buku ini berusaha membekali pembaca dengan kerangka berpikir untuk menilai, memilih, dan memanfaatkan teknologi apa pun, termasuk teknologi yang belum lahir saat buku ini ditulis. Inilah yang penulis maksud dengan “memberi kail, bukan ikan”.

Buku ini ditujukan tidak hanya bagi mahasiswa pendidikan fisika, tetapi juga bagi para guru, dosen, dan praktisi pendidikan yang ingin memanfaatkan media secara bijak. Pembahasan disusun dalam tiga bagian: fondasi media pembelajaran secara umum, media bagi pembelajaran fisika secara khusus, serta kerangka pengembangan dan penilaiannya. Seluruh pembahasan ditopang rujukan ilmiah yang sahih, yang dikumpulkan dalam daftar pustaka di akhir buku agar pembaca dapat menelusurinya lebih jauh. Pada

bagian akhir juga disertakan lampiran berisi contoh instrumen penilaian mutu media, glosarium istilah.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan pada edisi berikutnya. Semoga buku ini bermanfaat bagi kemajuan pembelajaran fisika di tanah air.

OKU Timur, 2026

Penulis



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii

BAB 01

KONSEP DASAR MEDIA PEMBELAJARAN

A. Akar Pengertian Media	2
B. Media dalam Proses Komunikasi Pembelajaran	3
C. Apa yang Dikerjakan Media	4
D. Kerucut Pengalaman Edgar Dale	5
E. Mengapa Sebuah Media Bekerja: Tiga Landasan Teori	6
F. Penutup	7

BAB 02

KLASIFIKASI DAN KARAKTERISTIK MEDIA

A. Mengapa Media Perlu Digolongkan	10
B. Dari Menggolongkan ke Memilih	12
C. Kriteria Praktis dalam Pemilihan Media	13
D. Penutup	14

BAB 03

PRINSIP DESAIN PESAN DAN MULTIMEDIA

A. Pesan yang Tertata dan Pesan yang Berserak	16
B. Prinsip Desain Visual yang Mendasar	16
C. Teori Beban Kognitif sebagai Landasan	17
D. Dua Belas Prinsip Multimedia Mayer	17
E. Ketika Lebih Banyak Justru Lebih Buruk	19
F. Penutup	19

BAB 04

MODEL PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN

A. Mengapa Perlu Model	22
B. Memilih Model yang Tepat	24

C. Penutup	25
------------------	----

BAB 05

KARAKTERISTIK PEMBELAJARAN FISIKA DAN TANTANGANNYA

A. Hakikat Konsep Fisika: Abstrak, Mikroskopik, dan Dinamis	28
B. Miskonsepsi: Tantangan yang Membandel	28
C. Mengapa Media Begitu Penting bagi Fisika	29
D. Media dan Keterampilan Proses Sains	30
E. Penutup	31

BAB 06

MEMETAKAN KEBUTUHAN MEDIA TERHADAP KONSEP FISIKA

A. Mengapa Satu Representasi Tidak Pernah Cukup	33
B. Empat Sifat Konsep dan Representasi yang Melayaninya	34
C. Tabel Pemetaan: dari Sifat Konsep ke Bentuk Media	35
D. Menalar, Bukan Menghafal	36
E. Penutup	37

BAB 07

PENERAPAN KERANGKA PADA RANAH-RANAH FISIKA

A. Mengapa Kerangka Perlu Diuji pada Ranah yang Konkret	40
B. Mekanika: Menangkap Gerak yang Terlalu Cepat bagi Mata	40
C. Gelombang dan Bunyi: Menampakkan yang Hanya Terdengar	43
D. Listrik dan Magnet: Memberi Wujud pada Medan	44
E. Termodinamika: Menjembatani yang Teramati dan yang Mikroskopik	46
F. Fisika Modern: Ketika Analogi Menjadi Satu-satunya Jalan	47
G. Ringkasan Penerapan Kerangka pada Lima Ranah	49
H. Benang Merah: Satu Kerangka, Banyak Wajah	50
I. Penutup	51

BAB 08

PRINSIP MEDIA BERBASIS EKSPERIMEN

A. Mengapa Eksperimen Begitu Sentral dalam Fisika	54
B. Laboratorium Virtual: Eksperimen dalam Dunia Simulasi	54

C.	Laboratorium Jarak Jauh: Mengendalikan Alat Nyata dari Kejauhan	56
D.	Laboratorium Berbasis Sensor: Mengubah yang Sehari-hari Menjadi Instrumen	56
E.	Memadukan Eksperimen Nyata dan Virtual	57
F.	Membandingkan Keempat Pendekatan	58
G.	Prinsip yang Melampaui Teknologi	59
H.	Penutup	60

BAB 09

MENYIKAPI TEKNOLOGI YANG SEDANG BERKEMBANG

A.	Realitas Tertambah dan Realitas Maya	62
B.	Internet untuk Segala (IoT)	62
C.	Gamifikasi	63
D.	Kecerdasan Buatan	64
E.	Kerangka Menilai Teknologi Baru	65
F.	Penutup	66

BAB 10

MENGENAL KATEGORI PERANGKAT PENGEMBANGAN MEDIA FISIKA

A.	Mengapa Berpikir dalam Kategori, Bukan Aplikasi	70
B.	Perangkat Simulasi	70
C.	Perangkat Analisis Video Gerak	71
D.	Perangkat Visualisasi Matematis	71
E.	Perangkat Authoring Multimedia	72
F.	Perangkat Pembuatan Asesmen Interaktif	72
G.	Tabel Contoh Perangkat per Kategori	73
H.	Penutup	74

BAB 11

KERANGKA PENGEMBANGAN MEDIA: DARI KONSEP KE PRODUK

A.	Lima Tahap Penalaran Pengembangan	76
B.	Mengapa Sifat Berulang Begitu Penting	77
C.	Studi Kasus Ringkas: Media untuk Konsep Gerak Jatuh Bebas	78
D.	Penalaran yang Tahan Zaman	79
E.	Penutup	79

BAB 12

INTEGRASI MEDIA DALAM PEMBELAJARAN

A. Media sebagai Bagian dari Skenario, Bukan Tambahan	82
B. Model Blended Learning	82
C. Model Flipped Classroom	83
D. Menempatkan Sistem Pengelolaan Pembelajaran pada Porsinya	84
E. Prinsip yang Menyatukan	85
F. Penutup	86

BAB 13

EVALUASI KUALITAS DAN EFEKTIVITAS MEDIA

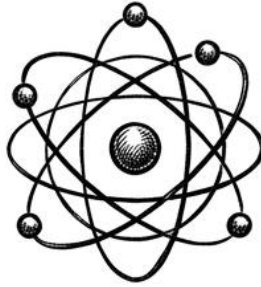
A. Tiga Kriteria Mutu Media	88
B. Kesahihan: Apakah Media Ini Benar dan Tepat?	88
C. Kepraktisan: Apakah Media Ini Dapat Digunakan?	89
D. Keefektifan: Apakah Media Ini Berhasil?	89
E. Ringkasan Kriteria dan Cara Menilainya	90
F. Kriteria yang Tahan Zaman	91
G. Penutup	91

BAB 14

LITERASI TEKNOLOGI DAN ADAPTABILITAS

A. Mengapa Penguasaan Teknologi Tidak Pernah Cukup ..	94
B. Tiga Pengetahuan yang Harus Berpadu	94
C. Anatomi Literasi Teknologi bagi Pendidik Fisika	96
D. Protokol Menilai Teknologi yang Belum Dikenal	97
E. Adaptabilitas sebagai Sikap, Bukan Sekadar Keterampilan	98
F. Merajut Kembali: Satu Prinsip yang Menyatukan Buku Ini	99
G. Penutup: Pendidik di Hadapan Masa Depan	100

<i>LAMPIRAN</i>	103
<i>GLOSARIUM</i>	113
<i>DAFTAR PUSTAKA</i>	119
<i>BIOGRAFI PENULIS</i>	125



BAB

01.

KONSEP DASAR MEDIA PEMBELAJARAN

Setiap kali seorang pendidik berdiri di hadapan kelas, ia sedang melakukan sebuah upaya komunikasi: memindahkan gagasan dari kepalanya ke kepala orang lain. Upaya itu tidak pernah sesederhana kelihatannya. Gagasan yang jernih di benak pendidik dapat menjadi kabur ketika sampai pada peserta didik, terhalang oleh kata-kata yang bermakna ganda, perhatian yang terpecah, atau pengalaman awal yang berbeda. Di sinilah media pembelajaran mengambil perannya, sebagai jembatan yang menghubungkan apa yang ingin diajarkan dengan apa yang akhirnya dipahami.

Pemahaman tentang media sering kali terlalu sempit, seakan-akan ia hanya berarti proyektor, slide, atau video. Padahal, pada intinya, media adalah segala sesuatu yang menyalurkan pesan pembelajaran sehingga merangsang pikiran, perhatian, dan minat peserta didik untuk belajar. Bab ini membahas hakikat media pembelajaran dari akar pengertiannya, kedudukannya dalam proses komunikasi, fungsi yang diembannya, hingga landasan teori yang menjelaskan mengapa media tertentu bekerja dan media lain gagal. Pemahaman ini menjadi pijakan sebelum kita masuk ke ranah yang

lebih khusus, yakni media bagi pembelajaran fisika, pada bab-bab selanjutnya.

A. Akar Pengertian Media

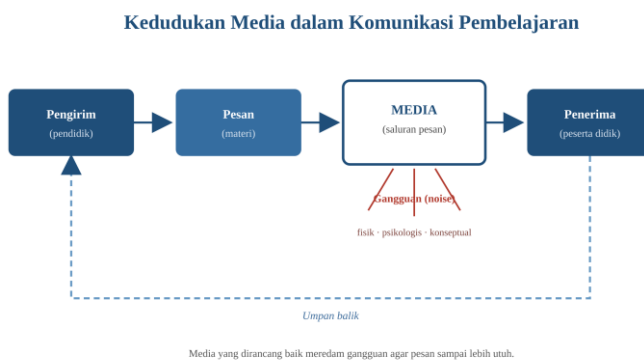
Kata media berasal dari bahasa Latin *medius* yang berarti “tengah”, “perantara”, atau “pengantar”. Makna asal ini sudah memuat inti persoalan: media adalah sesuatu yang berada di antara dua titik dan menghubungkan keduanya. Dalam konteks pembelajaran, kedua titik itu adalah sumber pesan, biasanya pendidik atau bahan ajar, dan penerima pesan, yaitu peserta didik. Media pembelajaran, dengan demikian, adalah perantara yang membawa pesan pembelajaran agar sampai dan dipahami.

Definisi ini terdengar sederhana, tetapi membawa satu konsekuensi penting: media bukan sekadar alat bantu fisik yang ditempelkan pada pembelajaran sebagai pelengkap. Ia adalah komponen yang turut menentukan apakah pesan sampai secara utuh atau justru terdistorsi di tengah jalan. Sebuah video yang dirancang asal-asalan dapat lebih membingungkan daripada penjelasan lisan yang baik; sebaliknya, sebuah diagram sederhana yang dirancang dengan cermat dapat menjelaskan dalam sekejap apa yang sulit diuraikan dengan ribuan kata.

Karena itu, media pembelajaran perlu dibedakan dari dua istilah yang sering dianggap sama, yaitu sumber belajar dan alat peraga. Sumber belajar mencakup segala sesuatu yang dapat menjadi tempat peserta didik memperoleh informasi, termasuk buku, lingkungan, bahkan orang. Alat peraga lebih menekankan benda konkret yang memperjelas konsep. Media pembelajaran berdiri pada irisan keduanya: ia adalah wahana komunikatif yang sengaja dirancang untuk membawa pesan pembelajaran dengan maksud tertentu. Perbedaan ini bukan sekadar soal istilah, melainkan menyangkut cara kita memperlakukan media, sebagai sesuatu yang dipilih dan dirancang, bukan sekadar disediakan.

B. Media dalam Proses Komunikasi Pembelajaran

Untuk memahami posisi media secara tepat, ada baiknya kita memandang pembelajaran sebagai proses komunikasi. Dalam model komunikasi yang paling sederhana, terdapat pengirim pesan, pesan itu sendiri, saluran yang membawanya, penerima, dan umpan balik yang menutup lingkaran. Pendidik adalah pengirim, materi adalah pesan, peserta didik adalah penerima, dan media menempati posisi sebagai saluran. Posisi ini terlihat sepele, tetapi justru di salurannya lah pesan paling rentan terganggu.



Gambar 1.1 Kedudukan media sebagai saluran dalam komunikasi pembelajaran.

Gangguan dalam komunikasi pembelajaran dapat muncul dalam berbagai wujud. Ada gangguan fisik seperti suara bising atau tulisan yang tidak terbaca; ada gangguan psikologis seperti kebosanan dan kecemasan; dan ada pula gangguan konseptual, ketika istilah yang sama ditafsirkan berbeda oleh pendidik dan peserta didik. Media yang dirancang dengan baik bekerja untuk meredam gangguan-gangguan ini sehingga pesan sampai lebih utuh. Media yang dirancang sembarangan justru menambah gangguan baru.

Kesadaran akan kedudukan strategis ini membawa kita pada satu prinsip yang akan terus muncul sepanjang buku ini: pemilihan dan perancangan media tidak boleh dilakukan secara acak. Setiap

keputusan tentang media, apakah akan menggunakan animasi, simulasi, gambar, atau sekadar penjelasan lisan, semestinya berpijak pada tujuan yang ingin dicapai, sifat materi yang diajarkan, dan kondisi peserta didik yang dihadapi.

C. Apa yang Dikerjakan Media

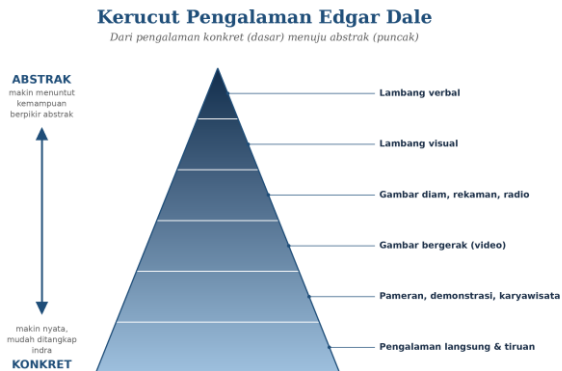
Jika media berperan sebagai saluran, apa sebenarnya yang ia kerjakan bagi pembelajaran? Setidaknya ada empat hal yang saling melengkapi. Pertama, media menarik dan mengarahkan perhatian. Sebuah konsep yang semula terasa kering dapat menjadi hidup ketika disajikan melalui visual atau peragaan yang menggugah, dan perhatian adalah pintu masuk bagi segala proses belajar berikutnya. Kedua, media menumbuhkan sikap dan emosi. Pembelajaran yang menyenangkan cenderung membangun minat, dan minat menopang ketekunan.

Ketiga, dan barangkali yang paling mendasar, media membantu pemahaman. Dengan menyajikan representasi konkret atas gagasan yang abstrak, media memudahkan peserta didik membentuk gambaran mental yang tepat. Keempat, media menjalankan fungsi kompensatoris: ia membuka jalan bagi peserta didik yang kesulitan menyerap pesan dalam bentuk teks dengan menawarkan saluran lain, seperti gambar, suara, atau gerak.

Manfaat-manfaat ini bukan sekadar klaim teoretis. Media memungkinkan penyampaian materi yang lebih seragam, membuat pembelajaran lebih hidup dan interaktif, serta menembus keterbatasan ruang dan waktu, misalnya dengan menghadirkan eksperimen yang berbahaya atau mahal melalui simulasi. Lebih dari itu, media yang baik memberi peserta didik kemandirian untuk belajar sesuai kecepatannya sendiri. Sejumlah kajian dalam pendidikan IPA dan fisika di Indonesia memperlihatkan bahwa media yang dirancang dengan tepat ikut menyumbang pada peningkatan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains, sekaligus mendorong pembelajaran yang lebih berpusat pada peserta didik.

D. Kerucut Pengalaman Edgar Dale

Salah satu cara klasik untuk memahami beragam bentuk pengalaman belajar, dan tempat media di dalamnya, adalah Kerucut Pengalaman (Cone of Experience) yang dikemukakan Edgar Dale (Dale, 1969). Kerucut ini menyusun ragam pengalaman dari yang paling konkret di bagian dasar hingga yang paling abstrak di puncaknya. Di dasar kerucut terletak pengalaman langsung yang nyata; semakin ke atas, pengalaman menjadi semakin diwakilkan, melalui peragaan, gambar bergerak, gambar diam, lambang visual, hingga akhirnya sampai pada lambang verbal berupa kata-kata dan rumus di puncaknya.



Gambar 1.2 Kerucut Pengalaman Edgar Dale.

Inti gagasan Dale kerap disalahpahami. Ia tidak sedang mengatakan bahwa pengalaman konkret selalu lebih unggul daripada yang abstrak. Yang ia tekankan adalah bahwa pemilihan jenis pengalaman perlu mempertimbangkan tingkat keabstrakan materi dan kesiapan peserta didik. Dalam pembelajaran fisika, prinsip ini terasa sangat membantu. Konsep yang sangat abstrak sering kali lebih mudah dipahami bila terlebih dahulu dijematani dengan pengalaman yang lebih konkret, demonstrasi, simulasi, atau visualisasi, sebelum peserta didik diajak naik ke tataran lambang dan persamaan matematis.

Perlu dicatat bahwa Kerucut Dale sering disertai klaim angka-angka “daya ingat”, bahwa orang mengingat sekian persen dari yang dibaca, didengar, atau dilakukan. Angka-angka itu sesungguhnya tidak pernah dikemukakan Dale dan tidak memiliki dasar empiris yang kuat. Yang tetap berharga dari gagasannya adalah pemahaman bahwa semakin abstrak suatu pengalaman, semakin besar tuntutan berpikir yang diperlukan untuk memaknainya, dan di situlah media berperan menempatkan peserta didik pada tingkat keabstrakan yang sesuai dengan kesiapannya.

E. Mengapa Sebuah Media Bekerja: Tiga Landasan Teori

Pertanyaan yang lebih dalam dari “apa yang dikerjakan media” adalah “mengapa media tertentu berhasil sementara yang lain gagal”. Jawabannya bersandar pada teori belajar, yang menjelaskan bagaimana manusia memperoleh pengetahuan. Tiga aliran besar, behaviorisme, kognitivisme, dan konstruktivisme, menawarkan sudut pandang yang berbeda namun saling melengkapi.

Behaviorisme memandang belajar sebagai perubahan perilaku yang teramati, hasil dari stimulus dan respons yang diperkuat. Dari kacamata ini, media yang baik adalah yang menyajikan stimulus jelas, memberi kesempatan berlatih, dan menyediakan umpan balik segera. Prinsip ini hidup dalam media latihan interaktif yang langsung mengoreksi jawaban dan memberi penguatan atas respons yang tepat.

Kognitivisme bergeser dari perilaku yang tampak ke proses mental yang tersembunyi: bagaimana informasi diterima, diolah dalam memori kerja, lalu disimpan dalam memori jangka panjang. Dari aliran inilah lahir salah satu gagasan yang paling berpengaruh bagi perancangan media, yaitu Teori Beban Kognitif. Teori ini berangkat dari kenyataan bahwa memori kerja manusia sangat terbatas, sementara memori jangka panjang nyaris tak terbatas dalam menyimpan skema pengetahuan. Rancangan yang baik karenanya harus menekan beban yang tidak produktif dan mengarahkan sumber daya mental pada pembentukan skema (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019; Paas & van Merriënboer, 2020).

Implikasinya bagi media pembelajaran cukup gamblang. Penyajian yang menumpuk teks, gambar, dan animasi sekaligus tanpa penataan justru membebani memori kerja dan menghambat belajar. Sebaliknya, media yang menata informasi secara bertahap serta memadukan saluran visual dan verbal secara seimbang membantu peserta didik mengelola beban kognitifnya. Kajian-kajian terbaru bahkan menunjukkan bahwa beban kognitif dalam pembelajaran multimedia turut dipengaruhi oleh faktor pemelajar itu sendiri, seperti kapasitas memori kerja dan penguasaan bahasa pengantar (Bali, Tasdelen, Bandi, & Zsidó, 2026).

Konstruktivisme menambahkan dimensi yang berbeda lagi. Aliran ini menekankan bahwa pengetahuan tidak sekadar dipindahkan, melainkan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui interaksi dan pengalaman yang bermakna. Maka media yang baik bukanlah yang sekadar “menyampaikan”, melainkan yang membuka ruang untuk menjelajah, memanipulasi variabel, dan menemukan. Sebuah simulasi fisika interaktif, misalnya, memungkinkan peserta didik mengubah parameter dan menyaksikan akibatnya secara langsung, sehingga pemahaman terbentuk melalui pengalaman yang terkendali.

Ketiga perspektif ini tidak perlu dipertentangkan. Dalam praktik, perancang media yang baik justru memadukan ketiganya: stimulus dan umpan balik dari behaviorisme, penataan beban informasi dari kognitivisme, serta ruang eksplorasi aktif dari konstruktivisme. Prinsip-prinsip multimedia yang dikembangkan dari teori kognitif, sebagaimana dirangkum Richard Mayer dan diterapkan secara praktis dalam perancangan pembelajaran daring, menjadi salah satu titik temu yang paling produktif di antara ketiga aliran tersebut (Cavanagh & Kiersch, 2022).

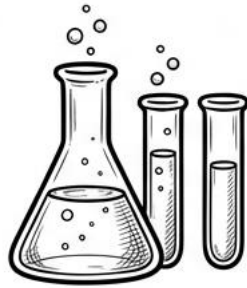
F. Penutup

Media pembelajaran, pada akhirnya, adalah perantara yang membawa pesan dari pendidik kepada peserta didik dengan tujuan menumbuhkan proses belajar. Ia menempati kedudukan strategis sebagai saluran komunikasi, mengemban fungsi menarik perhatian, menumbuhkan minat, memperjelas pemahaman, dan

mengakomodasi keberagaman cara belajar. Kerucut Pengalaman Edgar Dale mengingatkan kita untuk menyelaraskan jenis pengalaman dengan tingkat keabstrakan materi, sementara tiga landasan teori belajar menjelaskan mengapa rancangan tertentu berhasil sementara yang lain tidak. Bertolak dari pemahaman dasar inilah kita dapat melangkah ke pembahasan yang lebih rinci, klasifikasi media, prinsip desain pesan, dan model pengembangannya, yang akan menjadi isi bab-bab berikutnya, sebelum akhirnya kita memusatkan perhatian pada dunia yang paling dekat dengan buku ini: pembelajaran fisika.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

02.

KLASIFIKASI DAN KARAKTERISTIK MEDIA

Begitu kita menerima bahwa media adalah perantara pesan yang dirancang dengan sengaja, pertanyaan berikutnya muncul dengan sendirinya: media yang seperti apa? Ragamnya begitu banyak, dari papan tulis hingga laboratorium virtual, dari poster cetak hingga animasi tiga dimensi, sehingga tanpa cara untuk menatanya, seorang pendidik mudah tersesat di antara pilihan yang seakan tak berhingga. Klasifikasi media hadir bukan untuk kepentingan akademis semata, melainkan untuk memberi peta: dengan mengenali jenis dan karakteristik media, kita dapat menimbang mana yang paling sesuai untuk suatu maksud pembelajaran.

Bab ini menelusuri berbagai cara menggolongkan media, lalu beranjak ke pertanyaan yang lebih praktis dan lebih penting: atas dasar apa kita memilih satu media di antara sekian banyak pilihan? Kita akan melihat bahwa kunci pemilihan bukan terletak pada kecanggihan media, melainkan pada kesesuaiannya dengan tujuan, materi, dan peserta didik.

A. Mengapa Media Perlu Digolongkan

Penggolongan adalah cara manusia memahami keragaman. Sebagaimana ahli biologi menggolongkan makhluk hidup agar dapat mempelajarinya secara sistematis, pendidik pun memerlukan penggolongan media agar dapat berpikir jernih tentang pilihannya. Namun perlu disadari sejak awal bahwa tidak ada satu sistem klasifikasi yang tunggal dan sempurna. Media dapat digolongkan menurut banyak sudut pandang, menurut indra yang dilibatkan, menurut teknologi yang digunakan, menurut tingkat keinteraktifannya, atau menurut sifat pesannya.

Karena itu, alih-alih mencari klasifikasi yang “paling benar”, lebih bijak memandang setiap sistem penggolongan sebagai sebuah lensa. Tiap lensa menyoroti aspek yang berbeda dan berguna untuk pertanyaan yang berbeda pula. Dua lensa yang paling membantu dalam praktik adalah penggolongan berdasarkan modalitas, yakni saluran indra yang dilibatkan, dan penggolongan berdasarkan sifat teknologinya.

1. Penggolongan Berdasarkan Modalitas

Cara paling mendasar untuk menggolongkan media adalah dengan menanyakan indra mana yang dilibatkannya. Dari sini lahir pembedaan yang sudah lama dikenal: media visual, media audio, dan media audio-visual. Media visual menyampaikan pesan melalui penglihatan, gambar, diagram, grafik, bagan, dan teks. Media audio menyampaikannya melalui pendengaran, seperti rekaman penjelasan atau bunyi yang menggambarkan suatu fenomena. Media audio-visual memadukan keduanya, sebagaimana terdapat pada video dan animasi bersuara.

Pembedaan ini bukan sekadar penggolongan teknis. Ia berakar pada cara kerja kognisi manusia. Sebagaimana telah disinggung pada bab sebelumnya, teori kognitif memandang bahwa manusia mengolah informasi melalui dua saluran yang relatif terpisah, saluran visual dan saluran verbal-auditori. Ketika sebuah pesan dirancang untuk memanfaatkan kedua saluran secara seimbang, beban pada masing-masing saluran dapat dikurangi, dan pemahaman cenderung meningkat. Inilah yang dikenal sebagai efek

modalitas, salah satu prinsip yang paling konsisten didukung bukti dalam penelitian pembelajaran multimedia (Noetel dkk., 2022).

Namun memadukan dua modalitas tidak otomatis lebih baik. Jika informasi visual dan auditori justru menyampaikan hal yang sama secara berlebihan, misalnya teks di layar yang dibacakan kata demi kata, keduanya malah dapat saling mengganggu dan menambah beban. Penggolongan berdasarkan modalitas, dengan demikian, sekaligus mengingatkan bahwa keputusan tentang saluran indra harus dibuat dengan pertimbangan, bukan dengan asumsi bahwa lebih banyak selalu lebih baik.

2. Penggolongan Berdasarkan Sifat Teknologi

Lensa kedua menggolongkan media menurut teknologi yang menopangnya, yang secara garis besar membedakan media tradisional dari media digital. Media tradisional mencakup benda-benda yang tidak bergantung pada perangkat elektronik, papan tulis, model fisik, poster, kartu, dan alat peraga sederhana. Media digital mencakup segala bentuk yang dihasilkan dan disajikan melalui perangkat komputasi, dari presentasi dan video digital hingga simulasi interaktif dan lingkungan realitas tertambah.

Penting untuk tidak terjebak pada anggapan bahwa media digital selalu lebih unggul daripada media tradisional. Sebuah model atom yang dapat dipegang dan diputar di tangan kadang lebih efektif menanamkan pemahaman ruang daripada gambar dua dimensi di layar; sebaliknya, simulasi digital memungkinkan peserta didik mengubah variabel dan menyaksikan akibatnya dengan cara yang mustahil dilakukan benda fisik. Keunggulan masing-masing bergantung pada konteks. Yang membedakan media digital secara mendasar bukanlah “kemodernannya”, melainkan kemampuannya menghadirkan interaktivitas, dinamika, dan manipulasi yang sulit dicapai media statis.

Dari sinilah muncul satu dimensi penggolongan tambahan yang berguna, yakni tingkat interaktivitas. Pada satu ujung terdapat media yang sepenuhnya satu arah, peserta didik hanya menerima, seperti pada video yang ditonton secara pasif. Pada ujung lain terdapat media yang menuntut keterlibatan aktif, peserta didik

mengubah masukan, mengamati keluaran, dan menyesuaikan tindakannya. Tingkat interaktivitas ini kelak menjadi pertimbangan penting ketika kita membahas media bagi pembelajaran fisika, yang banyak bergantung pada eksplorasi dan eksperimen.

B. Dari Menggolongkan ke Memilih

Mengenali jenis-jenis media baru memiliki nilai ketika ia membantu kita memilih. Dan di sinilah letak kesalahan yang paling lazim: memilih media karena ia menarik, baru, atau sedang populer, bukan karena ia tepat. Tidak jarang sebuah pembelajaran dipenuhi animasi mewah yang justru mengaburkan inti pesan, atau sebaliknya, bertahan pada metode lama padahal ada cara yang jauh lebih efektif.

Penelitian memberikan arahan yang menenangkan sekaligus menantang. Tinjauan menyeluruh atas puluhan meta-analisis menemukan bahwa media yang dirancang dengan baik memang memberikan keuntungan belajar yang nyata, dengan efek yang paling kuat justru pada materi yang bersifat prosedural dan konseptual (Noetel dkk., 2022). Temuan ini penting: ia menegaskan bahwa yang menentukan bukanlah jenis media itu sendiri, melainkan seberapa baik rancangannya dan seberapa cocok ia dengan jenis materi yang diajarkan. Sebuah konsep yang menuntut visualisasi proses akan tertolong oleh animasi atau simulasi; sebuah prosedur yang harus diikuti langkah demi langkah akan tertolong oleh peragaan yang dapat dijumpa dan diulang.

Maka pemilihan media yang baik selalu bertolak dari tiga pertanyaan yang saling terkait. Pertama, apa tujuan yang hendak dicapai, apakah menanamkan konsep, melatih keterampilan, menumbuhkan sikap, atau hal lain? Kedua, apa sifat materi yang diajarkan, abstrak atau konkret, statis atau dinamis, prosedural atau konseptual? Ketiga, siapa peserta didiknya, apa pengetahuan awalnya, bagaimana kesiapannya, dan dalam kondisi apa ia belajar? Media yang tepat adalah media yang menjawab ketiga pertanyaan ini secara selaras.

C. Kriteria Praktis dalam Pemilihan Media

Selain ketiga pertanyaan pokok di atas, sejumlah pertimbangan praktis turut menentukan kelayakan sebuah media di lapangan. Kajian terhadap praktik pemilihan media di sekolah menunjukkan bahwa pemilihan yang baik memang menuntut penerapan prinsip dan kriteria tertentu, sebab tiap media memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing (Mansur & Utama, 2021). Pertimbangan-pertimbangan tersebut dapat dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Kriteria praktis dalam pemilihan media pembelajaran.

Kriteria	Pertanyaan Penuntun
Kesesuaian dengan tujuan	Apakah media ini benar-benar membantu mencapai tujuan pembelajaran, bukan sekadar mempercantik penyajian?
Ketepatan dengan materi	Apakah sifat media cocok dengan sifat materi, dinamis untuk proses, interaktif untuk eksplorasi, konkret untuk konsep abstrak?
Keadaan peserta didik	Apakah media sesuai dengan usia, pengetahuan awal, dan kesiapan peserta didik yang dihadapi?
Ketersediaan dan biaya	Apakah media dapat diadakan dengan sumber daya yang ada, baik perangkat, waktu, maupun biaya?
Kemudahan penggunaan	Apakah pendidik dan peserta didik dapat menggunakannya tanpa hambatan teknis yang berarti?
Mutu teknis	Apakah media memenuhi standar keterbacaan, kejelasan, dan ketepatan informasi yang disajikan?

Kriteria-kriteria ini tidak berdiri sendiri-sendiri, melainkan saling menimbang. Sebuah media yang secara teori paling efektif menjadi tidak relevan bila tidak tersedia atau terlalu sulit digunakan; sebaliknya, media sederhana yang mudah diadakan dapat menjadi pilihan terbaik bila ia menjawab tujuan dengan tepat. Kemampuan menimbang kriteria inilah, bukan penguasaan atas satu alat tertentu, yang menjadi keterampilan inti seorang pendidik dalam memilih media, dan yang akan tetap berlaku betapa pun teknologinya berubah.

D. Penutup

Media pembelajaran dapat digolongkan melalui beragam lensa, berdasarkan modalitas indra yang dilibatkan, sifat teknologi yang menopangnya, maupun tingkat interaktivitasnya. Tiap lensa berguna untuk pertanyaan yang berbeda, dan tidak ada satu klasifikasi yang mutlak benar. Yang lebih penting daripada menghafal penggolongan adalah memahami bahwa setiap jenis media memiliki kekuatan dan keterbatasan yang membuatnya cocok untuk maksud tertentu dan kurang cocok untuk yang lain. Pemilihan media yang baik bertolak dari kesesuaian dengan tujuan, materi, dan peserta didik, serta mempertimbangkan kelayakan praktisnya di lapangan. Dengan kerangka berpikir ini, seorang pendidik tidak akan mudah tergoda oleh kecanggihan semata, melainkan akan memilih media yang benar-benar melayani pembelajaran. Bertolak dari pemahaman tentang ragam dan pemilihan media inilah kita dapat melangkah ke pertanyaan berikutnya: bagaimana merancang pesan di dalam media agar benar-benar mudah dipahami, pokok bahasan yang menjadi inti bab selanjutnya.



BAB

03.

PRINSIP DESAIN PESAN DAN MULTIMEDIA

Setelah kita memahami ragam media dan cara memilihnya, muncul satu pertanyaan yang sering terlewat: setelah media dipilih, bagaimana pesan di dalamnya sebaiknya ditata? Dua orang dapat memilih jenis media yang sama, katakanlah sebuah video, namun menghasilkan dampak belajar yang jauh berbeda, semata-mata karena cara mereka menyusun pesan di dalamnya berlainan. Di sinilah letak inti bab ini: bukan pada alat, melainkan pada rancangan pesan yang dibawa alat itu.

Bagian inilah yang barangkali paling tahan terhadap perubahan zaman. Aplikasi datang dan pergi, format berganti, perangkat menjadi usang, tetapi prinsip tentang bagaimana otak manusia menyerap pesan visual dan verbal relatif tetap. Seorang pendidik yang menguasai prinsip-prinsip ini akan mampu merancang media yang baik dengan alat apa pun, hari ini maupun sepuluh tahun lagi. Itulah sebabnya bab ini layak dibaca dengan saksama.

A. Pesan yang Tertata dan Pesan yang Berserak

Bayangkan dua slide yang menjelaskan konsep yang sama. Slide pertama memuat satu diagram bersih dengan keterangan singkat di sampingnya. Slide kedua memuat diagram yang sama, tetapi dikelilingi paragraf panjang, gambar dekoratif yang tidak berkaitan, animasi yang bergerak-gerak, dan musik latar. Bagi sebagian orang, slide kedua tampak “lebih kaya” dan lebih menarik. Namun bagi otak yang sedang berusaha memahami, slide kedua adalah sumber kelelahan. Pesan yang berserak memaksa pikiran membagi perhatian dan menyaring mana yang penting, pekerjaan yang menyita kapasitas mental yang seharusnya dipakai untuk belajar.

Prinsip desain pesan, pada dasarnya, adalah upaya sistematis untuk menata pesan agar mudah diserap. Ia berakar pada pemahaman tentang keterbatasan kognitif manusia yang telah kita bahas pada bab pertama. Karena memori kerja sangat terbatas, setiap elemen yang tidak perlu dalam sebuah media bukanlah tambahan yang netral, melainkan beban yang aktif mengurangi ruang berpikir. Maka prinsip pertama dan paling mendasar dari desain pesan dapat dirumuskan sederhana: sajikan yang perlu, singkirkan yang tidak.

B. Prinsip Desain Visual yang Mendasar

Sebelum masuk ke prinsip-prinsip multimedia yang lebih rinci, ada baiknya kita mengenali beberapa kaidah desain visual yang sudah lama menjadi pegangan para perancang. Kaidah-kaidah ini sederhana namun berdampak besar. Kesederhanaan menuntut agar setiap tampilan memuat hanya unsur yang benar-benar diperlukan, sehingga inti pesan tidak tenggelam. Keterpaduan menuntut agar unsur-unsur yang berkaitan disusun sebagai satu kesatuan yang utuh, bukan kepingan yang berdiri sendiri-sendiri. Keseimbangan menuntut penataan ruang yang menenangkan mata, sehingga perhatian tidak tertarik secara timpang ke satu sudut.

Pemilihan huruf dan warna pun bukan sekadar urusan selera. Huruf yang terlalu kecil atau berjejal menyulitkan keterbacaan;

warna yang terlalu mencolok atau berlebihan justru memecah perhatian. Dalam konteks pembelajaran, keputusan-keputusan ini selalu tunduk pada satu tujuan: memperjelas pesan, bukan memperindahinya semata. Sebuah tampilan yang indah tetapi membingungkan telah gagal dalam tugas utamanya.

C. Teori Beban Kognitif sebagai Landasan

Mengapa prinsip-prinsip itu bekerja? Jawabannya kembali kepada Teori Beban Kognitif. Teori ini membedakan beban yang melekat pada materi itu sendiri, yang memang sulit karena banyak unsur yang harus dipahami sekaligus, dari beban yang ditimbulkan oleh cara penyajian yang buruk. Beban jenis kedua inilah yang sepenuhnya berada dalam kendali perancang, dan justru di sinilah desain pesan memainkan perannya. Setiap unsur dekoratif yang tidak perlu, setiap penataan yang membingungkan, menambah beban yang tidak produktif dan menyita kapasitas yang semestinya dipakai untuk membentuk pemahaman (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019).

Implikasinya membalik intuisi yang umum. Sering kali kita mengira bahwa menambah informasi, menambah ilustrasi, menambah penjelasan, akan membuat pembelajaran lebih lengkap dan karena itu lebih baik. Teori beban kognitif mengingatkan bahwa yang terjadi justru sebaliknya bila tambahan itu tidak esensial. Merancang media yang baik sering kali lebih merupakan pekerjaan mengurangi daripada menambah, sebuah disiplin menahan diri yang tidak mudah dijalankan.

D. Dua Belas Prinsip Multimedia Mayer

Pemahaman tentang beban kognitif itu telah diterjemahkan secara cermat oleh Richard Mayer dan rekan-rekannya diterjemahkan secara cermat oleh Richard Mayer dan rekan-rekannya (Mayer, 2009) menjadi seperangkat prinsip praktis yang dikenal sebagai prinsip-prinsip pembelajaran multimedia. Prinsip-prinsip ini bukan sekadar anjuran, melainkan rumusan yang telah diuji melalui ratusan penelitian dan ditinjau secara sistematis lintas lingkungan belajar (Çeken & Taşkın, 2022). Mayer

mengelompokkannya ke dalam tiga maksud: menekan pemrosesan yang sia-sia, mengelola pemrosesan yang esensial, dan mendorong pemrosesan yang generatif. Sebagian yang paling penting dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 3.1 Dua belas prinsip multimedia Mayer.
Sumber: diadaptasi dari Mayer (2009).

Prinsip	Inti Gagasan
Multimedia	Orang belajar lebih baik dari gabungan kata dan gambar daripada dari kata saja.
Koherensi	Orang belajar lebih baik ketika unsur yang tidak relevan, kata, gambar, atau suara hiasan, disingkirkan.
Pemberian isyarat (signaling)	Orang belajar lebih baik ketika ada penanda yang menyorot bagian penting dan struktur materi.
Kontiguitas ruang	Kata dan gambar yang berkaitan sebaiknya diletakkan berdekatan, bukan berjauhan, pada layar atau halaman.
Kontiguitas waktu	Penjelasan lisan dan tampilan visual yang berkaitan sebaiknya muncul bersamaan, bukan bergantian.
Redundansi	Menambahkan teks layar yang sama persis dengan narasi lisan justru dapat mengganggu, bukan membantu.
Modalitas	Memadukan penjelasan lisan dengan gambar sering lebih baik daripada teks tertulis dengan gambar.
Segmentasi	Materi yang rumit sebaiknya dipecah menjadi bagian-bagian yang dapat dikendalikan kecepatannya oleh pemelajar.

Yang menarik, sebagian besar prinsip ini bermuara pada satu gagasan yang sama: lindungi memori kerja peserta didik dari beban yang tidak perlu, lalu arahkan kapasitasnya pada hal yang esensial. Prinsip koherensi menyingkirkan yang mengganggu; prinsip isyarat menuntun perhatian ke yang penting; prinsip kontiguitas mendekatkan unsur yang harus dipahami bersama; prinsip redundansi mencegah pengulangan yang membebani. Memahami benang merah ini jauh lebih berharga daripada sekadar menghafal nama-nama prinsipnya, sebab dengan memahami alasannya, seorang perancang dapat menerapkannya pada situasi yang belum pernah ia jumpai.

E. Ketika Lebih Banyak Justru Lebih Buruk

Salah satu pelajaran paling kontra-intuitif dari prinsip-prinsip ini adalah bahaya “detail yang menggoda”, unsur yang menarik tetapi tidak relevan, ditambahkan dengan maksud membuat pembelajaran lebih hidup. Gambar yang lucu, cerita sampingan yang seru, atau efek yang mencolok memang menarik perhatian, tetapi justru di situlah masalahnya: perhatian yang terbatas itu tersedot ke hal yang tidak penting. Penelitian menunjukkan bahwa unsur semacam ini dapat berdampak negatif yang cukup besar terhadap hasil belajar (Cavanagh & Kiersch, 2022).

Temuan ini memperkuat satu pesan yang konsisten di seluruh kajian desain multimedia: media yang dirancang dengan disiplin dan kejernihan tujuan secara konsisten mengungguli media yang dipenuhi hiasan, betapapun menariknya hiasan itu (Noetel dkk., 2022). Bagi pendidik, ini adalah pembebasan sekaligus tantangan. Pembebasan, karena ia berarti tidak perlu menguasai efek-efek canggih untuk membuat media yang baik. Tantangan, karena ia menuntut keberanian untuk menahan diri dan memangkas, sesuatu yang sering kali lebih sulit daripada menambah.

F. Penutup

Inti dari desain pesan dan multimedia terletak pada satu kesadaran: media yang baik bukanlah media yang paling kaya, melainkan media yang paling jernih. Prinsip-prinsip desain visual

yang mendasar, kesederhanaan, keterpaduan, keseimbangan, serta prinsip-prinsip multimedia yang dirumuskan Mayer semuanya bermuara pada upaya melindungi kapasitas berpikir peserta didik yang terbatas dan mengarahkannya pada hal yang esensial. Karena prinsip-prinsip ini bertumpu pada cara kerja kognisi manusia, bukan pada teknologi tertentu, ia akan tetap berlaku betapapun alatnya berubah. Inilah modal yang sesungguhnya bagi seorang perancang media, lebih berharga daripada penguasaan atas aplikasi mana pun. Dengan memahami cara menata pesan, kita siap melangkah ke pertanyaan tentang bagaimana keseluruhan proses pengembangan media direncanakan secara sistematis, yang menjadi pokok bahasan bab berikutnya.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

04.

MODEL PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN

Mengetahui prinsip desain pesan ibarat memahami kaidah arsitektur yang baik; namun membangun rumah tetap memerlukan urutan kerja yang tertib, dari menggali kebutuhan penghuni, membuat denah, mendirikan bangunan, hingga mengujinya sebelum ditempati. Demikian pula media pembelajaran. Penguasaan atas prinsip desain belum cukup; diperlukan kerangka kerja yang menuntun proses pengembangannya secara sistematis, agar media yang dihasilkan bukan kebetulan yang baik, melainkan hasil rancangan yang dapat dipertanggungjawabkan.

Kerangka kerja semacam ini disebut model pengembangan. Dalam bidang teknologi pendidikan dikenal sejumlah model yang telah teruji selama puluhan tahun, ADDIE, ASSURE, model 4D, dan model Borg & Gall, untuk menyebut yang paling lazim. Bab ini tidak bermaksud menjadikan pembaca penghafal langkah-langkah tiap model, melainkan mengajak memahami logika di baliknya dan, yang lebih penting, mengetahui kapan dan mengapa sebuah model lebih tepat digunakan daripada yang lain.

A. Mengapa Perlu Model

Tanpa kerangka kerja, pengembangan media mudah terjebak pada dua kesalahan yang berlawanan. Yang pertama adalah langsung membuat, seseorang tergesa membuka aplikasi dan mulai merancang tanpa lebih dulu bertanya untuk siapa, untuk tujuan apa, dan atas dasar kebutuhan apa media itu dibuat. Hasilnya kerap berupa media yang menarik tetapi tidak menjawab persoalan yang sebenarnya. Kesalahan kedua adalah berhenti pada perencanaan, terlalu lama berkutat pada teori tanpa pernah menghasilkan produk yang teruji di lapangan.

Model pengembangan menjaga keseimbangan di antara keduanya. Ia memastikan bahwa pembuatan didahului analisis, bahwa rancangan diwujudkan menjadi produk, dan bahwa produk diuji serta diperbaiki sebelum disebarluaskan. Dengan kata lain, model memberikan disiplin tanpa mematikan kreativitas. Yang perlu disadari adalah bahwa semua model ini berbagi tulang punggung yang sama; perbedaannya lebih terletak pada penekanan dan konteks penggunaan daripada pada hakikatnya.

1. ADDIE: Kerangka yang Paling Mendasar

Di antara semua model, ADDIE adalah yang paling generik dan paling banyak dipakai. Namanya merupakan singkatan dari lima tahap yang berurutan: Analysis (analisis), Design (perancangan), Development (pengembangan), Implementation (penerapan), dan Evaluation (evaluasi). Tahap analisis berusaha memahami kebutuhan, peserta didik, dan tujuan; tahap perancangan menyusun cetak biru media; tahap pengembangan mewujudkannya menjadi produk; tahap penerapan mengujinya dalam pembelajaran nyata; dan tahap evaluasi menilai serta menyempurnakannya.

Kekuatan ADDIE terletak pada kesederhanaan dan keluwesannya. Ia dapat dipakai untuk mengembangkan hampir segala bentuk produk pembelajaran, strategi, metode, modul, maupun media, dan tetap relevan dari era papan tulis hingga era pembelajaran daring. Kajian meta-analisis menunjukkan bahwa model ini dapat memenuhi beragam kebutuhan pembelajaran di berbagai lingkungan daring, dan tetap menjadi rujukan utama

karena kejelasan dan strukturnya (Spatioti, Kazanidis, & Pange, 2022). Dalam konteks pendidikan fisika di Indonesia, ADDIE pun telah banyak dipakai, misalnya dalam pengembangan aplikasi pembelajaran konversi satuan berbasis Android sebagai media belajar (Dwitiyanti, Kumala, & Widiyatun, 2020).

Satu hal yang sering disalahpahami adalah anggapan bahwa ADDIE bersifat kaku dan sepenuhnya searah, bahwa satu tahap harus benar-benar selesai sebelum beranjak ke tahap berikutnya. Dalam praktik yang baik, ADDIE bekerja secara berulang: hasil evaluasi pada satu tahap kerap menuntut peninjauan kembali tahap sebelumnya. Justru sifat berulang inilah yang menjadikannya hidup dan adaptif.

2. ASSURE: Model yang Berpusat pada Pembelajaran di Kelas

Jika ADDIE berfokus pada pengembangan produk, ASSURE lebih berfokus pada perencanaan pembelajaran yang memanfaatkan media. Namanya pun merupakan singkatan dari enam langkah: menganalisis peserta didik (Analyze learners), menetapkan tujuan (State objectives), memilih metode dan media (Select methods and media), menggunakan media (Utilize media), menuntut keterlibatan peserta didik (Require learner participation), serta mengevaluasi dan merevisi (Evaluate and revise).

ASSURE cocok bagi pendidik yang ingin merancang satu episode pembelajaran dengan media tertentu, bukan mengembangkan produk media dari nol. Penekanannya pada analisis peserta didik di awal dan tuntutan keterlibatan aktif menjadikannya selaras dengan pandangan konstruktivis yang telah kita bahas. Model ini mengingatkan bahwa media bukan tujuan, melainkan sarana dalam sebuah skenario pembelajaran yang utuh.

3. Model 4D dan Borg & Gall: Untuk Penelitian Pengembangan

Dua model berikutnya lebih sering dijumpai dalam konteks penelitian pengembangan, misalnya pada skripsi, tesis, atau penelitian dosen yang bertujuan menghasilkan produk yang teruji secara ilmiah. Model 4D yang diperkenalkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel terdiri dari empat tahap: Define (pendefinisian kebutuhan dan tujuan), Design (perancangan),

Develop (pengembangan melalui validasi ahli dan uji coba), dan Disseminate (penyebarluasan) (Thiagarajan, Semmel, & Semmel, 1974). Kekuatan model 4D terletak pada tahap pengembangan yang menekankan validasi ahli dan uji coba berjenjang sebelum produk disebarkan.

Model Borg & Gall menawarkan kerangka yang lebih rinci dan menyeluruh, dengan langkah-langkah yang dapat mencapai sepuluh tahap, mulai dari penelitian dan pengumpulan informasi awal, perencanaan, pengembangan produk awal, uji coba terbatas, revisi, uji coba lebih luas, hingga penyebaran dan implementasi akhir. Karena kerinciannya, model ini sering dipakai untuk penelitian berskala besar yang menuntut bukti efektivitas yang kuat, meskipun untuk keperluan praktis tahap-tahapnya kerap diringkas.

B. Memilih Model yang Tepat

Pertanyaan yang paling berguna bukanlah “model mana yang terbaik”, melainkan “model mana yang paling sesuai dengan maksud dan konteks saya”. Jawabannya bergantung pada apa yang hendak dicapai. Tabel berikut merangkum kecocokan masing-masing model dengan situasi penggunaannya.

Tabel 4.1 Perbandingan model pengembangan media pembelajaran.

Model	Penekanan Utama	Paling Cocok Untuk
ADDIE	Kerangka generik lima tahap untuk mengembangkan produk pembelajaran apa pun secara sistematis dan berulang.	Pengembangan media secara umum; titik awal yang aman bagi pemula.
ASSURE	Perencanaan pembelajaran di kelas yang memanfaatkan	Merancang satu episode pembelajaran dengan media tertentu.

Model	Penekanan Utama	Paling Cocok Untuk
	media, berpusat pada peserta didik.	
4D	Empat tahap dengan penekanan kuat pada validasi ahli dan uji coba sebelum penyebaran.	Penelitian pengembangan skala menengah (skripsi, tesis).
Borg & Gall	Sepuluh tahap yang rinci dengan uji coba berjenjang dan bukti efektivitas yang kuat.	Penelitian pengembangan berskala besar dan menyeluruh.

Yang menyatukan keempat model ini jauh lebih besar daripada yang membedakannya. Semuanya bermula dari analisis kebutuhan, bergerak ke perancangan, lalu pengembangan, dan diakhiri dengan evaluasi serta perbaikan. Pola inti inilah, pahami dulu, rancang, wujudkan, uji, perbaiki, yang sesungguhnya perlu dikuasai. Begitu pola ini terinternalisasi, nama dan jumlah tahap menjadi soal kedua. Seorang pengembang yang memahami logikanya dapat menyesuaikan model dengan kebutuhannya, bahkan memadukan unsur dari beberapa model, tanpa kehilangan arah.

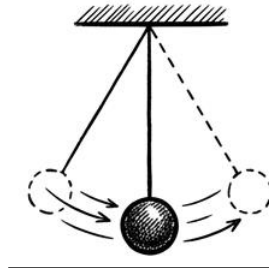
C. Penutup

Model pengembangan media pembelajaran adalah kerangka kerja yang menjaga agar proses pembuatan media berlangsung tertib dan dapat dipertanggungjawabkan. ADDIE menawarkan kerangka generik yang paling luwes; ASSURE berfokus pada perencanaan pembelajaran berbasis media di kelas; model 4D dan Borg & Gall lebih sesuai untuk penelitian pengembangan dengan tuntutan validasi yang ketat. Memilih model yang tepat berarti menimbang maksud dan konteks, bukan mencari yang “paling unggul”. Dan karena semua model berbagi pola inti yang sama, menganalisis, merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi,

penguasaan atas logika itulah yang menjadikan seorang pengembang mampu bekerja secara sistematis dengan teknologi apa pun, kini maupun di masa depan. Dengan bekal pemahaman tentang konsep, klasifikasi, prinsip desain, dan model pengembangan media, kita telah menuntaskan fondasi umum. Mulai bab berikutnya, perhatian akan beralih ke medan yang menjadi inti buku ini: media bagi pembelajaran fisika.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

05.

KARAKTERISTIK PEMBELAJARAN FISIKA DAN TANTANGANNYA

Empat bab pertama buku ini membahas media pembelajaran secara umum, apa hakikatnya, bagaimana menggolongkan dan memilihnya, bagaimana merancang pesan di dalamnya, dan bagaimana mengembangkannya secara sistematis. Semua itu berlaku untuk mata pelajaran apa pun. Mulai bab ini, perhatian kita pusatkan pada satu medan yang istimewa: pembelajaran fisika. Pertanyaan yang membimbing seluruh bagian ini sederhana namun mendasar, apa yang membuat fisika begitu menuntut untuk diajarkan, dan mengapa media memegang peran yang demikian penting di dalamnya?

Jawabannya bermula dari sifat fisika itu sendiri. Berbeda dari banyak bidang lain, fisika berurusan dengan kenyataan yang sering kali tidak dapat dilihat, disentuh, atau dialami secara langsung. Memahami tantangan yang lahir dari sifat ini adalah langkah pertama sebelum kita membahas, pada bab-bab berikutnya, jenis-jenis media yang dapat menjawabnya.

A. Hakikat Konsep Fisika: Abstrak, Mikroskopik, dan Dinamis

Fisika mempelajari aturan-aturan yang mengatur alam, dari gerak benda langit hingga perilaku partikel terkecil. Persoalannya, banyak dari aturan itu bekerja pada wilayah yang berada di luar jangkauan pengalaman sehari-hari. Sebagian konsep bersifat abstrak, medan listrik dan medan magnet, misalnya, tidak memiliki wujud yang dapat ditunjuk, melainkan dipahami melalui akibat-akibatnya. Sebagian lain bersifat mikroskopik, perilaku atom, elektron, dan molekul berlangsung pada skala yang mustahil diamati dengan mata. Dan banyak fenomena fisika bersifat dinamis, perambatan gelombang, perubahan kecepatan, atau aliran arus adalah proses yang berubah terhadap waktu, bukan keadaan yang diam.

Ketiga sifat ini, abstrak, mikroskopik, dan dinamis, menjadikan fisika sukar dibayangkan hanya melalui kata-kata atau rumus. Seorang peserta didik dapat menghafal persamaan medan listrik tanpa pernah memiliki gambaran mental tentang apa yang sebenarnya terjadi di ruang sekitar muatan. Di sinilah akar banyak kesulitan belajar fisika: jarak antara lambang matematis yang dipelajari dan gambaran fisis yang seharusnya menyertainya. Ketika jarak itu tidak terjembatani, fisika menjadi sekadar latihan manipulasi simbol yang kehilangan makna.

B. Miskonsepsi: Tantangan yang Membandel

Tantangan lain yang khas dalam pembelajaran fisika adalah miskonsepsi, pemahaman yang keliru namun tampak masuk akal, yang dibawa peserta didik bahkan sebelum mereka memasuki kelas. Berbeda dari sekadar ketidaktahuan, miskonsepsi adalah kerangka berpikir yang sudah terbentuk dari pengalaman sehari-hari dan terasa benar bagi pemiliknya. Contoh yang lazim adalah keyakinan bahwa benda yang lebih berat pasti jatuh lebih cepat, atau bahwa benda yang bergerak selalu memerlukan gaya yang terus mendorongnya.

Yang membuat miskonsepsi begitu menantang adalah sifatnya yang membandel. Penelitian menunjukkan bahwa miskonsepsi dalam fisika kerap bertahan melintasi jenjang pendidikan, dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi, bahkan pada calon guru sekalipun, dan tidak otomatis hilang melalui pengajaran formal yang biasa. Gagasan-gagasan intuitif itu sering kali hidup berdampingan dengan pengetahuan ilmiah yang baru dipelajari, alih-alih tergantikan olehnya (Kotsis, 2023). Akibatnya, peserta didik dapat menjawab soal dengan benar di atas kertas, namun kembali kepada pemahaman kelirunya ketika menghadapi situasi nyata.

Mengatasi miskonsepsi menuntut lebih dari sekadar menyampaikan penjelasan yang benar. Diperlukan pengalaman yang membuat peserta didik menyadari adanya pertentangan antara dugaannya dan kenyataan, sebuah konfrontasi kognitif yang mendorong mereka meninjau ulang kerangka berpikirnya. Di sinilah media yang tepat dapat berperan besar, dengan menyajikan fenomena secara langsung dan memungkinkan peserta didik menguji dugaannya sendiri.

C. Mengapa Media Begitu Penting bagi Fisika

Dari uraian di atas, peran media dalam pembelajaran fisika menjadi jelas bukan sebagai pelengkap, melainkan sebagai kebutuhan. Jika inti kesulitan fisika terletak pada sifatnya yang abstrak, mikroskopik, dan dinamis, maka media yang mampu mewujudkan ketiga sifat itu ke dalam bentuk yang dapat diamati dan dimanipulasi memberikan sumbangan yang sukar digantikan. Media dapat menampakkan yang tak tampak, memperlambat yang terlalu cepat, memperbesar yang terlalu kecil, dan mengulang yang berlangsung sekejap.

Simulasi interaktif adalah contoh yang paling menonjol. Sejak diperkenalkan secara luas, simulasi pembelajaran fisika dirancang justru untuk menghadirkan representasi visual atas konsep abstrak dan proses mikroskopik yang tidak dapat diamati secara langsung, sembari memberi peserta didik kendali untuk mengubah variabel

dan menyaksikan akibatnya seketika (Wieman, Adams, & Perkins, 2008). Dengan cara ini, peserta didik tidak hanya diberi tahu tentang suatu konsep, melainkan diajak mengalaminya, mendekati cara seorang ilmuwan memperlakukan eksperimennya. Pengalaman semacam inilah yang berpotensi menggeser miskonsepsi yang membandel sekaligus membangun gambaran mental yang utuh.

Namun perlu ditegaskan kembali, sejalan dengan tema buku ini, bahwa yang penting bukanlah simulasi sebagai produk teknologi tertentu, melainkan kemampuannya menjembatani jarak antara lambang dan makna. Prinsip ini akan tetap berlaku apa pun bentuk teknologinya kelak, entah simulasi layar, realitas ditambah, atau hal lain yang belum kita kenal sekarang.

D. Media dan Keterampilan Proses Sains

Peran media dalam fisika tidak berhenti pada pemahaman konsep. Fisika, sebagai bagian dari sains, juga menuntut penguasaan keterampilan proses sains, kemampuan mengamati, mengukur, merumuskan dugaan, mengendalikan variabel, menafsirkan data, dan menarik kesimpulan. Keterampilan-keterampilan ini tidak dapat ditumbuhkan hanya melalui ceramah; ia menuntut peserta didik untuk benar-benar melakukan, bukan sekadar mendengar.

Di sinilah media yang bersifat eksploratif memberikan nilai tambah. Ketika peserta didik dapat mengubah panjang tali sebuah bandul dan mengamati pengaruhnya terhadap periode ayunan, atau mengatur besar muatan dan menyaksikan perubahan gaya yang timbul, mereka sedang melatih keterampilan proses sains dalam lingkungan yang aman dan dapat diulang. Sejumlah kajian di Indonesia menunjukkan bahwa pemanfaatan media interaktif untuk fisika dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik, khususnya keterampilan memprediksi dan menarik kesimpulan, ketika dipadukan dengan model pembelajaran yang menuntut keterlibatan aktif seperti inkuiri terbimbing.

Dengan demikian, media bagi fisika melayani dua tujuan sekaligus: membantu peserta didik memahami konsep yang sukar

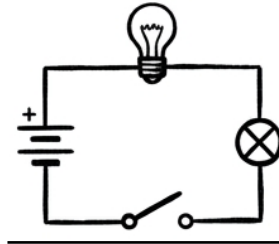
dibayangkan, sekaligus memberi ruang bagi mereka untuk berlatih berpikir dan bekerja sebagaimana seorang ilmuwan. Kedua tujuan ini akan menjadi pertimbangan utama ketika kita membahas, pada bab-bab berikutnya, bagaimana memetakan jenis media terhadap kebutuhan konsep fisika tertentu.

E. Penutup

Pembelajaran fisika menghadirkan tantangan yang khas karena konsep-konsepnya kerap bersifat abstrak, mikroskopik, dan dinamis, berada di luar jangkauan pengalaman langsung peserta didik. Tantangan ini diperberat oleh miskonsepsi yang terbentuk dari pengalaman sehari-hari dan cenderung bertahan meski telah diajarkan konsep yang benar. Justru karena itulah media memegang peran yang demikian penting dalam fisika: ia mampu menampilkan yang tak tampak dan memungkinkan peserta didik menguji dugaannya sendiri, sehingga membantu membangun pemahaman yang utuh sekaligus melatih keterampilan proses sains. Yang perlu dipegang adalah bahwa peran ini melekat pada kemampuan media menjembatani lambang dan makna, bukan pada teknologi tertentu yang menjalankannya. Dengan pemahaman atas karakteristik dan tantangan ini sebagai bekal, kita siap menelusuri, pada bab berikutnya, bagaimana mencocokkan jenis media yang tepat dengan jenis konsep fisika yang hendak diajarkan.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

06.

MEMETAKAN KEBUTUHAN MEDIA TERHADAP KONSEP FISIKA

Bab sebelumnya menegaskan bahwa media memegang peran penting dalam pembelajaran fisika karena mampu menjembatani jarak antara lambang dan makna. Namun pernyataan itu masih terlalu umum untuk langsung dijalankan. Pertanyaan yang lebih tajam adalah: untuk konsep fisika yang ini, media seperti apa yang paling tepat? Jawaban atas pertanyaan inilah yang menjadi inti bab ini, sebuah kerangka berpikir untuk mencocokkan jenis representasi dengan jenis konsep yang hendak diajarkan.

Kerangka semacam ini penting justru karena ia tidak terikat pada aplikasi tertentu. Begitu seorang pendidik memahami logika pencocokannya, ia dapat memilih media yang tepat dengan perangkat apa pun yang tersedia, kini maupun di masa depan. Inilah “kail” yang lebih berharga daripada penguasaan atas satu alat: kemampuan menalar dari sifat konsep menuju bentuk representasi yang melayaninya.

A. Mengapa Satu Representasi Tidak Pernah Cukup

Sebelum membahas pencocokan, ada satu kebenaran mendasar yang perlu dipegang: tidak ada satu bentuk representasi

pun yang mampu menangkap seluruh dimensi sebuah konsep fisika. Sebuah persamaan menangkap hubungan kuantitatif dengan tepat, tetapi tidak menampakan bentuk fisis; sebuah gambar menampakan bentuk, tetapi tidak menyatakan hubungan antar-besaran; sebuah grafik memperlihatkan kecenderungan, tetapi tidak menjelaskan mekanisme di baliknya. Masing-masing menyoroti satu sisi dan membayangkan sisi yang lain.

Itulah sebabnya pembelajaran fisika yang baik bertumpu pada penggunaan berbagai representasi secara terpadu, grafik, simbol, diagram, dan kata, yang saling melengkapi. Kajian menunjukkan bahwa penggunaan beragam representasi yang terkoordinasi memberikan dampak positif terhadap pemahaman fisika, karena memberi peserta didik lebih dari satu jalan untuk memikirkan dan mengomunikasikan suatu gagasan (Munfaridah, Avraamidou, & Goedhart, 2021). Maka tugas seorang perancang media bukanlah memilih satu representasi “terbaik”, melainkan menentukan representasi mana yang paling tepat untuk menyorot aspek tertentu dari konsep yang sedang diajarkan, dan bagaimana memadukannya.

B. Empat Sifat Konsep dan Representasi yang Melayaninya

Kerangka pencocokan yang ditawarkan bab ini bertolak dari pertanyaan tentang sifat konsep yang hendak diajarkan. Dengan menanyakan “seperti apa sifat konsep ini”, kita dapat menalar jenis representasi yang paling melayaninya. Setidaknya ada empat sifat konsep yang sering dijumpai dalam fisika, masing-masing dengan kebutuhan representasi yang berbeda.

Pertama, konsep yang berupa proses dinamis, sesuatu yang berubah terhadap waktu, seperti gerak jatuh, tumbukan, atau perubahan fase. Konsep semacam ini paling tertolong oleh representasi yang juga bergerak, seperti animasi atau simulasi, karena gambar diam tidak mampu menangkap perubahannya. Penelitian membandingkan visualisasi dinamis dan statis menunjukkan bahwa untuk fenomena yang memang berubah terhadap waktu, media yang bergerak cenderung lebih membantu pemahaman daripada gambar diam.

Kedua, konsep yang berupa entitas tak kasatmata, sesuatu yang nyata pengaruhnya tetapi tidak dapat dilihat, seperti medan listrik, medan magnet, atau garis gaya. Konsep semacam ini membutuhkan visualisasi yang “menampakkan yang tak tampak”, mengubah sesuatu yang abstrak menjadi gambar yang dapat diamati. Untuk konsep medan, misalnya, perpaduan representasi visual berupa diagram medan dengan representasi simbolik berupa rumus terbukti membantu peserta didik memahami sifat-sifat medan yang sulit ditangkap bila hanya disajikan dalam satu bentuk (Hahn & Klein, 2023).

Ketiga, konsep yang berupa hubungan antar-variabel, bagaimana satu besaran berubah seiring perubahan besaran lain, seperti hubungan antara tegangan dan arus, atau antara suhu dan tekanan. Konsep semacam ini paling tertolong oleh grafik interaktif, yang memungkinkan peserta didik mengubah satu variabel dan langsung menyaksikan akibatnya pada variabel lain, sehingga hubungan yang tadinya abstrak menjadi terasa nyata. Keempat, konsep yang berupa proses mikroskopik, peristiwa pada skala atom dan molekul yang mustahil diamati langsung. Konsep ini membutuhkan visualisasi atau animasi yang memperbesar dan memodelkan apa yang terjadi pada tataran yang tak terjangkau indra.

C. Tabel Pemetaan: dari Sifat Konsep ke Bentuk Media

Untuk memudahkan penerapan, kerangka di atas dapat dirangkum dalam tabel pemetaan berikut. Perlu ditekankan bahwa tabel ini bukan resep yang kaku, melainkan titik awal penalaran. Banyak konsep memiliki lebih dari satu sifat sekaligus, sehingga menuntut perpaduan beberapa bentuk representasi.

Tabel 6.1 Pemetaan sifat konsep fisika terhadap bentuk media.

Sifat Konsep	Bentuk Media yang Melayani	Contoh Konsep Fisika
Proses dinamis (berubah terhadap waktu)	Animasi, simulasi, video gerak	Gerak jatuh bebas, tumbukan, perambatan gelombang, perubahan fase.
Entitas tak kasatmata	Visualisasi, diagram medan, simulasi	Medan listrik, medan magnet, garis gaya, potensial.
Hubungan antar-variabel	Grafik interaktif, tabel dinamis	Hubungan tegangan–arus, suhu–tekanan, gaya–percepatan.
Proses mikroskopik	Visualisasi/animasi model partikel	Gerak molekul gas, arus elektron, struktur atom.

Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seizin Penerbit

Ambil contoh konsep arus listrik. Ia sekaligus merupakan proses dinamis (muatan yang mengalir), melibatkan entitas tak kasatmata (elektron), tunduk pada hubungan antar-variabel (hukum Ohm), dan berlangsung pada skala mikroskopik. Sebuah media yang baik untuk konsep ini karenanya idealnya memadukan animasi aliran muatan, visualisasi elektron, dan grafik interaktif hubungan tegangan–arus, bukan memilih salah satunya. Inilah penerapan nyata dari prinsip bahwa satu representasi tidak pernah cukup.

D. Menalar, Bukan Menghafal

Nilai sesungguhnya dari kerangka ini bukan terletak pada tabel itu sendiri, melainkan pada kebiasaan berpikir yang ditanamkannya. Seorang pendidik yang terbiasa bertanya “apa sifat konsep ini, dan bentuk representasi apa yang melayaninya” akan mampu membuat keputusan media yang tepat untuk konsep apa

pun, termasuk konsep yang tidak tercantum dalam tabel mana pun. Ia tidak bergantung pada daftar contoh, melainkan pada logika pencocokan yang telah ia kuasai.

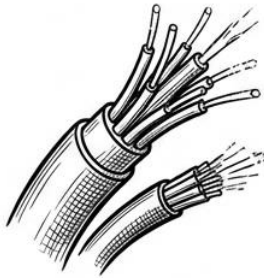
Kebiasaan menalar ini pula yang menjadikan kerangka tahan terhadap perubahan teknologi. Ketika kelak muncul bentuk media baru yang belum kita kenal, pertanyaan yang diajukan tetap sama: apa sifat konsep yang hendak diajarkan, dan apakah media baru ini melayani sifat tersebut dengan lebih baik? Dengan demikian, alih-alih mengejar setiap teknologi yang muncul, seorang pendidik dapat menilainya secara jernih berdasarkan kesesuaiannya dengan kebutuhan konsep.

E. Penutup

Memetakan kebutuhan media terhadap konsep fisika berarti menalar dari sifat konsep menuju bentuk representasi yang paling melayaninya. Karena tidak ada satu representasi pun yang mampu menangkap seluruh dimensi sebuah konsep, pembelajaran fisika yang baik memadukan beberapa representasi secara terkoordinasi. Empat sifat konsep yang lazim, proses dinamis, entitas tak kasatmata, hubungan antar-variabel, dan proses mikroskopik, masing-masing dilayani dengan lebih baik oleh bentuk media tertentu, meski banyak konsep menuntut perpaduan beberapa bentuk sekaligus. Yang terpenting bukanlah menghafal pemetaan, melainkan menanamkan kebiasaan menalar dari konsep ke representasi, kebiasaan yang akan tetap berlaku apa pun teknologinya. Dengan kerangka ini sebagai bekal, kita siap menguji penerapannya pada ranah-ranah fisika yang konkret, dari mekanika hingga fisika modern, pada bab berikutnya.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

07.

PENERAPAN KERANGKA PADA RANAH-RANAH FISIKA

Kerangka pemetaan yang dibangun pada bab sebelumnya bersifat umum: ia menalar dari sifat konsep menuju bentuk representasi yang paling melayaninya. Kekuatan kerangka semacam itu terletak pada keluasannya, tetapi justru di situ pula letak keterbatasannya. Sebuah kerangka yang berlaku bagi segala hal kadang terasa kurang menuntun ketika seorang pendidik berdiri di hadapan materi yang konkret, katakanlah hukum Newton pada Senin pagi, atau efek fotolistrik pada Kamis siang. Jarak antara kerangka dan kelas itulah yang hendak ditutup bab ini.

Kita akan menempuh lima ranah besar fisika, yakni mekanika, gelombang dan bunyi, listrik dan magnet, termodinamika, serta fisika modern. Pada masing-masing ranah diajukan tiga pertanyaan yang sama: apa sifat khas konsep di dalamnya, miskonsepsi apa yang paling membandel di sana, dan bentuk representasi apa yang paling melayaninya. Perlu ditegaskan sejak awal bahwa yang disajikan di sini bukanlah resep, melainkan contoh penalaran. Nilainya tidak terletak pada daftar media yang direkomendasikan, melainkan pada cara berpikir yang memperlihatkan bagaimana kerangka umum itu bekerja ketika berhadapan dengan materi yang sesungguhnya.

A. Mengapa Kerangka Perlu Diuji pada Ranah yang Konkret

Ada alasan mendasar mengapa sebuah kerangka berpikir baru benar-benar dikuasai setelah diterapkan. Selama ia hanya dipahami secara abstrak, kerangka itu tersimpan sebagai pengetahuan yang pasif, dapat diucapkan tetapi belum tentu dapat digunakan. Begitu ia dipakai untuk menimbang materi yang nyata, dengan segala kerumitan dan pengecualiannya, barulah tampak bagian mana yang sudah dipahami dan bagian mana yang masih kabur. Penerapan, dengan demikian, bukan sekadar pelengkap teori, melainkan cara menguji dan mematangkannya.

Alasan kedua bersifat khas fisika. Sebagaimana dibahas pada Bab 5, kesulitan belajar fisika berakar pada sifat konsepnya yang abstrak, mikroskopik, dan dinamis. Namun ketiga sifat itu tidak terbagi rata di seluruh ranah. Mekanika sarat dengan proses dinamis yang sesungguhnya dapat diamati, hanya saja terlalu cepat; termodinamika bertumpu pada jurang antara yang teramati dan yang mikroskopik; fisika modern nyaris seluruhnya berada di luar jangkauan pengalaman indrawi. Karena komposisi tantangannya berbeda, kebutuhan mediana pun berbeda. Menyamaratakan seluruh fisika sebagai "materi yang abstrak" justru menutup perbedaan yang penting ini.

Alasan ketiga menyangkut miskonsepsi. Gagasan intuitif yang keliru tidak tersebar merata, melainkan mengelompok pada ranah tertentu dengan pola yang khas dan berulang lintas jenjang serta lintas negara (Kotsis, 2023). Seorang pendidik yang mengenali miskonsepsi khas ranahnya dapat merancang media yang secara sengaja mengonfrontasi gagasan keliru itu, bukan sekadar menyajikan penjelasan yang benar. Perbedaan antara keduanya, sebagaimana akan berulang kali terlihat pada bab ini, sering kali menentukan berhasil atau tidaknya sebuah media.

B. Mekanika: Menangkap Gerak yang Terlalu Cepat bagi Mata

Mekanika menempati kedudukan istimewa karena ia biasanya menjadi pintu masuk pertama peserta didik ke dalam fisika,

sekaligus ranah yang paling dekat dengan pengalaman sehari-hari. Kedekatan itu adalah berkah sekaligus jebakan. Berkah, karena setiap orang sudah memiliki pengalaman melempar, menjatuhkan, dan mendorong benda. Jebakan, karena dari pengalaman itulah terbentuk kerangka berpikir intuitif yang kerap bertentangan dengan fisika Newton, dan yang justru sukar digoyahkan karena terasa benar.

Ditinjau dari empat sifat konsep pada Bab 6, mekanika didominasi oleh proses dinamis, yakni sesuatu yang berubah terhadap waktu. Perbedaannya dengan ranah lain terletak pada satu hal yang menentukan: gerak pada dasarnya kasatmata. Persoalannya bukan bahwa ia tidak dapat dilihat, melainkan bahwa ia berlangsung terlalu cepat untuk diamati dengan cermat, dan tidak menyisakan jejak yang dapat ditelaah setelah peristiwanya usai. Sebuah bola yang dilempar hanya menyisakan kesan, bukan data.

Dari penalaran itu mengalir kebutuhan medianya. Yang diperlukan bukanlah media yang menampakkan yang tak tampak, sebagaimana pada listrik dan magnet, melainkan media yang memperlambat, membekukan, dan mengubah gerak menjadi data yang dapat diperiksa. Di sinilah kategori analisis video gerak, yang akan ditelaah lebih rinci pada Bab 10, menemukan tempatnya yang paling alami. Dengan menandai posisi benda dari bingkai ke bingkai, gerak yang tadinya berlalu dalam sekejap berubah menjadi tabel posisi terhadap waktu, lalu menjadi grafik kecepatan dan percepatan yang dapat ditafsirkan dengan tenang.

Nilai pedagogisnya melampaui sekadar visualisasi. Penelitian pada calon guru fisika menunjukkan bahwa penggunaan program analisis video pada materi kinematika membantu menjawab persoalan kemampuan menganalisis dan memecahkan masalah, yang sebelumnya teridentifikasi sebagai kesenjangan nyata dalam pembelajaran (Firdaus & Sinensis, 2017). Temuan ini menegaskan bahwa media analisis gerak tidak hanya memperjelas konsep, tetapi juga melatih keterampilan proses sains secara langsung:

mengumpulkan data, membaca grafik, dan menarik kesimpulan dari bukti yang dikumpulkan sendiri.

Pendekatan berbasis sensor menawarkan jalan yang berbeda menuju tujuan serupa. Perbandingan langsung antara penggunaan sensor percepatan dan pelacak video pada telepon pintar untuk eksperimen osilasi pegas memperlihatkan bahwa keduanya menghasilkan nilai tetapan pegas yang bersesuaian, dengan sensor percepatan memberikan hasil yang sedikit lebih presisi, sementara pelacak video unggul dalam menampilkan kecenderungan posisi yang berubah secara berkala (Listiaji, Darmawan, Daeni, & Karmuji, 2020). Perbandingan semacam ini berharga bukan untuk menetapkan pemenang, melainkan untuk memperlihatkan bahwa dua media yang melayani konsep yang sama dapat menyorot aspek yang berbeda, persis sebagaimana prinsip representasi jamak yang dibahas pada bab sebelumnya (Munfaridah, Avraamidou, & Goedhart, 2021).

Pengembangan instrumen sederhana juga dapat menjawab kebutuhan ranah ini. Sebuah alat eksperimen tumbukan berbasis induksi magnet yang dipadukan dengan perangkat lunak pengolah bunyi, misalnya, terbukti sah dan praktis digunakan sebagai media pembelajaran, dengan galat relatif yang sangat kecil pada pengukuran jarak (Nurlaili, Firdaus, & Rohman, 2022). Contoh ini penting karena menunjukkan bahwa jawaban atas kebutuhan mekanika tidak selalu berupa perangkat lunak mahal; kadang ia berupa alat rakitan yang cerdas, yang mengubah peristiwa sekejap menjadi rekaman yang dapat diukur.

Adapun miskonsepsi khas mekanika sudah lama dikenal dan bertahan dengan gigih: keyakinan bahwa benda yang lebih berat jatuh lebih cepat, bahwa benda yang bergerak selalu memerlukan gaya yang terus mendorongnya, dan bahwa gaya searah dengan gerak. Ketiganya memiliki satu ciri yang sama, yakni lahir dari pengalaman sehari-hari di mana gesekan dan hambatan udara selalu hadir. Media yang efektif untuk ranah ini karenanya bukan media yang sekadar menjelaskan, melainkan media yang menghadirkan situasi tanpa gesekan atau memperlambat peristiwa

hingga peserta didik menyaksikan sendiri bahwa dugaannya tidak terbukti.

C. Gelombang dan Bunyi: Menampakkan yang Hanya Terdengar

Gelombang menghadirkan tantangan yang berbeda sama sekali. Jika mekanika berurusan dengan benda yang berpindah, gelombang berurusan dengan pola yang merambat tanpa memindahkan materinya. Pembedaan halus inilah yang paling sering luput dipahami, dan darinya lahir sederet miskonsepsi yang membandel: anggapan bahwa bunyi adalah benda kecil yang terbang dari sumber ke telinga, bahwa medium ikut berpindah bersama gelombang, atau bahwa bunyi dapat merambat dalam ruang hampa.

Kajian pustaka atas miskonsepsi peserta didik pada materi gelombang bunyi memperlihatkan bahwa gagasan keliru semacam itu tersebar luas dan bertahan meski konsep yang benar telah diajarkan. Menariknya, penelitian juga menunjukkan bahwa simulasi terkomputasi dapat menurunkan miskonsepsi pada materi gelombang bunyi, meski besar penurunannya bergantung pada bagaimana simulasi itu dipadukan ke dalam pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan pesan yang berulang di sepanjang buku ini: yang menentukan bukan keberadaan medianya, melainkan rancangan penggunaannya.

Ditinjau dari sifat konsepnya, gelombang memadukan dua hal sekaligus. Ia adalah proses dinamis, karena perambatan hanya bermakna dalam waktu, sekaligus melibatkan entitas yang sulit ditangkap indra, karena yang merambat adalah pola simpangan, bukan benda. Perpaduan ini menuntut representasi yang bergerak sekaligus yang menampakkan. Sebuah animasi rambatan yang memperlihatkan partikel medium bergetar di tempatnya sementara pola bergerak maju, misalnya, menyelesaikan dalam beberapa detik apa yang sukar diuraikan dalam berparagraf-paragraf kalimat.

Bunyi memiliki keistimewaan yang tidak dimiliki gelombang lain: ia dapat didengar. Keistimewaan ini membuka peluang

pedagogis yang khas, yakni memadukan pengalaman auditori dengan representasi visual atas gelombang yang sama. Ketika peserta didik memetik senar lalu menyaksikan bentuk gelombangnya pada layar, dua saluran indra bekerja pada satu objek yang sama, dan pemahaman terbentuk dari pertemuan keduanya. Pendekatan berbasis sensor pada telepon pintar menjadikan pengalaman semacam ini terjangkau, sebab mikrofon yang sudah ada di saku dapat berfungsi sebagai instrumen analisis frekuensi yang memadai.

Pengembangan media pada ranah ini juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Media pembelajaran interaktif berbasis situs web yang dikembangkan khusus untuk materi gelombang bunyi memperoleh penilaian sangat sah dari ahli media maupun ahli materi, dan dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif (Septianti & Firdaus, 2024). Yang perlu digarisbawahi dari pengembangan semacam ini bukanlah perangkat yang dipakai, melainkan keputusan merancangnya secara interaktif, sebuah keputusan yang mengalir langsung dari sifat konsep gelombang yang menuntut eksplorasi, bukan sekadar penyajian.

D. Listrik dan Magnet: Memberi Wujud pada Medan

Jika ada satu ranah yang paling murni mewakili tantangan "menampakkan yang tak tampak", ranah itu adalah listrik dan magnet. Medan listrik dan medan magnet tidak memiliki wujud yang dapat ditunjuk. Keduanya hanya dikenali melalui akibatnya, dan karena itu selalu dipelajari melalui perantara: garis gaya, vektor, atau persamaan. Peserta didik tidak pernah melihat medan; yang mereka lihat selalu berupa model tentang medan.

Kesadaran ini membawa satu konsekuensi yang kerap terlupakan. Ketika sebuah representasi menjadi satu-satunya jalan menuju konsep, representasi itu berisiko tertukar dengan konsepnya sendiri. Tidak sedikit peserta didik yang meyakini bahwa garis gaya benar-benar ada sebagai untaian di ruang, atau bahwa medan hanya hadir di tempat garis digambarkan. Miskonsepsi semacam ini bukan lahir dari kekurangan media, melainkan justru

dari media yang diterima tanpa disertai penjelasan tentang statusnya sebagai model.

Penelitian tentang penggunaan representasi jamak pada konsep medan vektor memberikan arah yang jelas. Pemaduan representasi visual berupa diagram medan dengan representasi simbolik berupa rumus, yang diterapkan melalui simulasi dan kegiatan menggambar dalam perkuliahan, terbukti membantu peserta didik memahami sifat-sifat medan yang sukar ditangkap bila konsep itu hanya disajikan dalam satu bentuk (Hahn & Klein, 2023). Yang menarik dari temuan ini adalah peran kegiatan menggambar. Ketika peserta didik diminta menggambarkan sendiri medan pada suatu susunan muatan, mereka tidak lagi menjadi penerima representasi, melainkan pembuatnya, dan dari proses membuat itulah pemahaman yang lebih kokoh terbentuk.

Implikasinya bagi pemilihan media cukup tegas. Untuk ranah listrik dan magnet, media yang hanya menyajikan visualisasi jadi, betapapun indahnya, melayani sebagian kecil saja dari kebutuhan. Media yang lebih berharga adalah yang memungkinkan peserta didik mengubah susunan muatan atau arah arus, lalu menyaksikan bagaimana pola medan ikut berubah. Melalui manipulasi semacam itu, hubungan sebab akibat antara sumber dan medan menjadi terasa, dan medan berhenti menjadi gambar hafalan.

Ranah ini juga memuat konsep yang bersifat relasional, misalnya hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan. Untuk sifat konsep semacam itu, sebagaimana dipetakan pada Bab 6, representasi yang paling melayani adalah grafik interaktif yang memungkinkan satu besaran diubah dan akibatnya pada besaran lain teramati seketika. Sebuah rangkaian listrik yang baik sebagai media pembelajaran, dengan demikian, idealnya memadukan tiga hal: animasi aliran muatan, visualisasi medan, dan grafik hubungan antar-besaran. Contoh ini memperlihatkan dengan jelas mengapa satu representasi tidak pernah cukup.

E. Termodinamika: Menjembatani yang Teramati dan yang Mikroskopik

Termodinamika menghadirkan tantangan yang unik karena ia berpijak pada dua tataran sekaligus. Di satu sisi terdapat besaran yang dapat diamati dan diukur secara langsung, seperti suhu, tekanan, dan volume. Di sisi lain terdapat penjelasan mikroskopik berupa gerak acak partikel yang mustahil dilihat. Belajar termodinamika, pada hakikatnya, adalah belajar menghubungkan kedua tataran itu. Kesulitannya bukan terletak pada salah satu tataran, melainkan pada jembatan di antara keduanya.

Dari sinilah lahir miskonsepsi yang paling khas di ranah ini, yakni kekacauan antara suhu dan kalor. Banyak peserta didik memperlakukan kalor sebagai zat yang tersimpan di dalam benda, bukan sebagai perpindahan energi, dan menganggap suhu sebagai ukuran banyaknya "panas" yang dikandung. Gagasan ini terasa masuk akal karena sejalan dengan pengalaman sehari-hari tentang benda yang "menyimpan panas". Miskonsepsi lain yang lazim adalah anggapan bahwa benda logam secara alamiah lebih dingin daripada benda kayu di ruangan yang sama, padahal yang berbeda hanyalah laju perpindahan kalornya.

Media yang melayani ranah ini karenanya harus mengerjakan dua tugas sekaligus: menampilkan tataran mikroskopik, dan secara eksplisit menautkannya dengan besaran makroskopik yang teramati. Sebuah simulasi model partikel yang memperlihatkan molekul gas bergerak makin cepat seiring naiknya suhu, sementara pada saat yang sama menampilkan angka suhu dan tekanan yang berubah, mengerjakan tepat pekerjaan penautan itu. Peserta didik tidak sekadar diberi tahu bahwa suhu berkaitan dengan energi kinetik rata-rata partikel; mereka menyaksikan kaitan itu terbentuk di hadapan mata.

Kajian tentang perancangan simulasi untuk termodinamika pengantar menegaskan bahwa mutu sebuah simulasi ditentukan oleh model yang mendasarinya, bukan oleh kemewahan tampilannya. Dengan memilih model rantai energi sebagai representasi sistem termodinamika, sebuah simulasi dapat

menjembatani antara gejala yang teramati dan ungkapan matematis hukum pertama termodinamika, sehingga menopang pemahaman konseptual peserta didik secara lebih tertata (Meli & Koliopoulos, 2019). Temuan ini merupakan pengingat penting bahwa dalam memilih media untuk termodinamika, pertanyaan yang paling menentukan adalah model fisis apa yang dianut media tersebut.

Pengembangan media pada materi suhu dan kalor di jenjang sekolah menengah juga memperlihatkan hasil yang baik. Media pembelajaran berbasis Android yang dikembangkan untuk materi suhu dan kalor memperoleh penilaian sangat sahih dari ahli materi maupun ahli media, dan tanggapan peserta didik menunjukkan bahwa media tersebut mampu meningkatkan minat belajar (Rahmawati, Firdaus, & Mardova, 2025). Perlu dicatat bahwa peningkatan minat adalah capaian yang berharga, namun ia belum dengan sendirinya berarti peningkatan pemahaman. Perbedaan antara keduanya, sebagaimana akan ditegaskan pada bab tentang evaluasi, perlu terus dijaga agar antusiasme tidak tertukar dengan bukti keberhasilan.

F. Fisika Modern: Ketika Analogi Menjadi Satu-satunya Jalan

Fisika modern, yang mencakup fisika kuantum, relativitas, dan fisika inti, mendorong tantangan pembelajaran fisika sampai ke titik ekstremnya. Pada ranah-ranah sebelumnya, betapapun abstraknya sebuah konsep, selalu tersisa kemungkinan untuk menghubungkannya dengan pengalaman indrawi. Pada fisika modern, kemungkinan itu sebagian besar tertutup. Tidak ada pengalaman sehari-hari yang menyiapkan seseorang untuk memahami dualisme gelombang partikel atau pelapukan inti yang bersifat kebetulan.

Tinjauan menyeluruh atas penelitian pengajaran mekanika kuantum di jenjang menengah dan awal perguruan tinggi memperlihatkan bahwa kesulitan peserta didik pada ranah ini bersifat mendalam dan berulang, dan bahwa visualisasi memegang peran penting sekaligus berisiko (Krijtenburg-Lewerissa, Pol,

Brinkman, & van Joolingen, 2017). Risikonya terletak pada kenyataan bahwa setiap visualisasi kuantum pada dasarnya adalah analogi, dan analogi selalu memiliki batas. Gambaran elektron sebagai bola kecil yang mengorbit inti, misalnya, memang membantu pada mulanya, tetapi kemudian justru menghalangi pemahaman tentang orbital sebagai kebolehtindakan.

Ini adalah sebabnya pada ranah fisika modern, satu prinsip menjadi jauh lebih penting daripada di ranah lain: setiap representasi harus disertai penjelasan tentang batas keberlakuannya. Media yang baik untuk fisika kuantum bukanlah media yang paling memukau, melainkan media yang jujur mengenai statusnya sebagai model. Sebuah urutan pembelajaran yang dikembangkan untuk fisika kuantum di sekolah menengah, misalnya, memadukan simulasi dan eksperimen layar interaktif dengan formalisme matematis yang sengaja disederhanakan, dengan maksud membantu peserta didik meninggalkan pandangan realis naif tentang kuantum dan beralih ke pemahaman yang bersifat fungsional (Hennig, Tóth, Förster, & Bitzenbauer, 2024).

Fisika inti menghadirkan persoalan tambahan yang bersifat sangat praktis: eksperimennya tidak mungkin dilakukan di kelas. Radioaktivitas menuntut sumber, perisai, dan izin yang berada jauh di luar jangkauan sekolah maupun kebanyakan perguruan tinggi. Di sinilah laboratorium virtual, yang akan ditelaah pada Bab 8, berhenti menjadi sekadar alternatif yang murah dan berubah menjadi satu-satunya jalan yang tersedia. Penelitian pada mahasiswa calon guru fisika memperlihatkan bahwa pembelajaran fisika inti menggunakan laboratorium virtual menghasilkan profil kemampuan berpikir reflektif pada kategori tinggi di seluruh aspek yang diukur, mencakup pemahaman, refleksi, dan refleksi kritis (Sinensis & Firdaus, 2023).

Temuan ini menarik karena menyentuh dimensi yang kerap terabaikan dalam penilaian media. Yang diukur bukan sekadar penguasaan konten, melainkan kemampuan berpikir reflektif, yakni kemampuan menimbang kembali apa yang dipelajari. Pada ranah yang konsepnya menantang intuisi seperti fisika inti dan fisika

kuantum, kemampuan reflektif justru merupakan capaian yang paling relevan, sebab memahami fisika modern menuntut kesediaan meninjau ulang gambaran dunia yang selama ini dianggap wajar.

G. Ringkasan Penerapan Kerangka pada Lima Ranah

Seluruh penalaran pada bab ini dapat dirangkum dalam tabel berikut. Sebagaimana tabel pemetaan pada bab sebelumnya, tabel ini bukan resep yang mengikat, melainkan ringkasan hasil penalaran yang telah ditempuh, sekaligus titik awal bagi pendidik yang hendak menalar sendiri untuk materi yang tidak tercantum di dalamnya.

Tabel 7.1 Penerapan kerangka pemetaan media pada lima ranah fisika.

Ranah Fisika	Sifat Konsep yang Menonjol	Miskonsepsi Khas	Representasi yang Melayani
Mekanika	Proses dinamis yang kasatmata tetapi terlalu cepat diamati.	Benda berat jatuh lebih cepat; gerak menuntut gaya yang terus mendorong.	Analisis video gerak, sensor percepatan, simulasi tanpa gesekan.
Gelombang dan bunyi	Proses dinamis sekaligus pola yang sukar ditangkap indra.	Bunyi sebagai benda yang terbang; medium ikut berpindah.	Animasi rambatan, analisis frekuensi berbasis mikrofon, media interaktif.
Listrik dan magnet	Entitas tak kasatmata dan hubungan antar-variabel.	Garis gaya dianggap benar-benar ada; medan hanya di	Diagram medan yang dapat dimanipulasi, kegiatan menggambar,

Ranah Fisika	Sifat Konsep yang Menonjol	Miskonsepsi Khas	Representasi yang Melayani
		tempat garis digambar.	grafik interaktif.
Termodinamika	Jurang antara besaran makroskopik dan proses mikroskopik.	Kalor dianggap zat yang tersimpan; logam dianggap lebih dingin daripada kayu.	Simulasi model partikel yang menautkan tataran mikro dengan besaran terukur.
Fisika modern	Sepenuhnya di luar jangkauan pengalaman indrawi.	Elektron sebagai bola kecil yang mengorbit; orbital dianggap lintasan.	Visualisasi beranalogi yang disertai penjelasan batas model; laboratorium virtual.

H. Benang Merah: Satu Kerangka, Banyak Wajah

Setelah menempuh lima ranah, ada baiknya kita berhenti sejenak untuk melihat apa yang menyatukannya. Yang paling mencolok adalah bahwa kerangka yang dipakai selalu sama. Pada setiap ranah kita mengajukan pertanyaan yang identik, yakni tentang sifat konsep, miskonsepsi khas, dan representasi yang melayaninya. Yang berbeda hanyalah jawabannya. Inilah bukti bahwa kerangka pemetaan pada Bab 6 memang bekerja: ia tidak perlu diganti setiap kali berpindah materi, cukup diterapkan ulang.

Pengamatan kedua menyangkut pergeseran peran media dari satu ranah ke ranah lain. Pada mekanika, media berperan sebagai alat ukur yang mengubah gerak menjadi data. Pada gelombang dan listrik magnet, ia berperan sebagai penerjemah yang memberi wujud pada yang tak berwujud. Pada termodinamika, ia berperan sebagai jembatan antara dua tataran. Dan pada fisika modern, ia

berperan sebagai analogi yang sadar akan batasnya sendiri. Keempat peran ini menuntut kriteria penilaian yang berbeda, dan seorang pendidik yang menyadari perbedaan itu tidak akan menilai semua media dengan tolok ukur yang seragam.

Pengamatan ketiga barangkali yang paling penting. Di seluruh ranah, media yang berhasil selalu memiliki satu ciri yang sama, yakni ia menuntut peserta didik melakukan sesuatu, bukan sekadar menyaksikan. Menandai posisi pada rekaman gerak, menggambar sendiri pola medan, mengubah suhu dan mengamati perilaku partikel, menguji dugaan dan mendapatinya keliru. Semua contoh yang dibahas bermuara pada keterlibatan aktif semacam ini. Temuan tinjauan lintas meta-analisis bahwa keunggulan media multimedia bersyarat pada rancangan yang baik (Noetel dkk., 2022) memperoleh maknanya yang paling konkret di sini: rancangan yang baik, bagi fisika, hampir selalu berarti rancangan yang memberi ruang bertindak.

Pengamatan terakhir bersifat lebih menenangkan. Tidak satu pun penalaran pada bab ini bergantung pada aplikasi tertentu. Kita membicarakan analisis video gerak, bukan satu perangkat lunak tertentu; membicarakan simulasi model partikel, bukan satu penyedia simulasi tertentu; membicarakan laboratorium virtual, bukan satu platform tertentu. Ketika perangkat yang lazim dipakai hari ini kelak berganti, seluruh penalaran pada bab ini tetap berlaku, dan pendidik yang menguasainya cukup mencari padanan baru dalam kategori yang sama.

I. Penutup

Menerapkan kerangka pemetaan pada ranah-ranah fisika memperlihatkan bahwa satu cara berpikir yang sama dapat melahirkan keputusan media yang sangat berbeda, bergantung pada sifat konsep yang dihadapi. Mekanika menuntut media yang memperlambat dan mengukur; gelombang dan bunyi menuntut media yang menampilkan pola sekaligus memanfaatkan pendengaran; listrik dan magnet menuntut visualisasi medan yang dapat dimanipulasi dan disadari statusnya sebagai model; termodinamika menuntut media yang menjembatani tataran

makroskopik dan mikroskopik; sedangkan fisika modern menuntut analogi yang jujur akan batasnya, dengan laboratorium virtual sebagai jalan yang kerap satu-satunya. Di balik keragaman itu, satu ciri tetap sama, yakni bahwa media yang berhasil selalu menuntut peserta didik bertindak, bukan sekadar menonton. Dengan penerapan kerangka ini sebagai bekal, kita siap menelaah lebih dalam satu kelompok media yang paling khas bagi fisika, yakni media berbasis eksperimen dan laboratorium, pada bab berikutnya.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

08.

PRINSIP MEDIA BERBASIS EKSPERIMEN

Di antara semua mata pelajaran, fisika memiliki ikatan yang istimewa dengan eksperimen. Fisika tidak lahir dari ruang kuliah, melainkan dari pengamatan terhadap alam, dari bidang miring Galileo hingga bandul yang berayun di langit-langit katedral. Maka mengajarkan fisika tanpa pengalaman bereksperimen ibarat mengajarkan renang hanya dari papan tulis. Eksperimen bukan pelengkap pembelajaran fisika; ia adalah jantungnya, tempat konsep diuji terhadap kenyataan dan keterampilan proses sains ditempa.

Namun eksperimen di dunia nyata menghadapi banyak kendala. Peralatan laboratorium mahal dan terbatas; sebagian eksperimen berbahaya atau memerlukan kondisi yang sukar diciptakan; sebagian lain berlangsung terlalu cepat, terlalu lambat, atau pada skala yang tak terjangkau. Di sinilah lahir beragam bentuk media berbasis eksperimen yang berupaya menghadirkan pengalaman bereksperimen melalui jalur yang berbeda-beda. Bab ini membahas empat pendekatan utama, laboratorium virtual, laboratorium jarak jauh, laboratorium berbasis sensor, dan perpaduan eksperimen nyata dengan virtual, bukan sebagai daftar

aplikasi, melainkan sebagai kategori pendekatan dengan prinsip, kekuatan, dan keterbatasannya masing-masing.

A. Mengapa Eksperimen Begitu Sentral dalam Fisika

Sebelum menelaah ragam pendekatannya, ada baiknya menegaskan mengapa eksperimen menempati posisi sedemikian sentral. Eksperimen melayani sekurang-kurangnya tiga fungsi yang saling terkait. Pertama, ia adalah sarana menguji konsep terhadap kenyataan, tempat peserta didik menyaksikan sendiri apakah dugaannya benar, dan dengan demikian berhadapan langsung dengan miskonsepsi yang membandel sebagaimana dibahas pada Bab 5. Kedua, eksperimen adalah wahana melatih keterampilan proses sains: mengamati, mengukur, mengendalikan variabel, mencatat data, dan menarik kesimpulan. Ketiga, eksperimen menumbuhkan sikap ilmiah, kejujuran terhadap data, kehati-hatian, dan keterbukaan terhadap hasil yang tak terduga.

Ketiga fungsi ini menjadi tolok ukur ketika kita menilai media berbasis eksperimen apa pun. Pertanyaan yang selalu relevan bukanlah “seberapa canggih media ini”, melainkan “sejauh mana ia melayani ketiga fungsi tersebut”. Sebuah media eksperimen yang membuat konsep tampak jelas tetapi menghilangkan kesempatan melatih keterampilan proses sains, misalnya, hanya memenuhi sebagian dari maksud eksperimen. Kerangka berpikir inilah yang akan menuntun pembahasan keempat pendekatan berikut.

B. Laboratorium Virtual: Eksperimen dalam Dunia Simulasi

Laboratorium virtual adalah lingkungan eksperimen yang sepenuhnya disimulasikan melalui perangkat lunak. Di dalamnya, peserta didik dapat merangkai alat, mengubah variabel, dan mengamati hasil, semuanya dalam dunia digital. Pendekatan ini memiliki sejumlah keunggulan yang sukar ditandingi laboratorium fisik. Ia aman, karena tidak ada risiko cedera atau kerusakan; murah, karena tidak menuntut pengadaan alat yang mahal; dapat diulang tanpa batas; dan mampu menghadirkan eksperimen yang mustahil

dilakukan secara nyata di kelas, seperti menembakkan partikel atau mengamati medan magnet.

Yang paling berharga, laboratorium virtual dapat menampakkan apa yang tak tampak. Sebagaimana telah disinggung, simulasi fisika dirancang untuk menghadirkan representasi visual atas konsep abstrak dan proses mikroskopik yang tidak dapat diamati secara langsung, sembari memberi peserta didik kendali untuk bereksperimen layaknya seorang ilmuwan (Wieman, Adams, & Perkins, 2008). Dalam laboratorium virtual, peserta didik dapat “melihat” garis medan listrik atau aliran elektron yang dalam eksperimen nyata tetap tersembunyi.

Bukti empiris mendukung keampuhannya. Sebuah meta-analisis menemukan bahwa laboratorium virtual merupakan prediktor yang signifikan terhadap hasil belajar, dengan ukuran efek yang tergolong sedang hingga besar (Li & Liang, 2024). Tinjauan sistematis lain menunjukkan bahwa laboratorium virtual sangat membantu meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik, sekaligus mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium tradisional (Reeves & Crippen, 2021).

Namun laboratorium virtual bukan tanpa keterbatasan. Tinjauan yang sama mengingatkan bahwa banyak penerapan masih sebatas pengalaman dua dimensi yang sederhana, dan penelitiannya kerap hanya menyoroti perubahan pengetahuan konten secara individual, kurang menyentuh dimensi pengalaman dan pembelajaran sosial (Reeves & Crippen, 2021). Keterbatasan yang lebih mendasar bersifat hakiki: betapapun canggihnya, simulasi tetaplah model yang disederhanakan dari kenyataan. Ia tidak menghadirkan ketidaksempurnaan alat, gangguan tak terduga, dan kerumitan data nyata yang justru merupakan bagian penting dari pengalaman bereksperimen. Peserta didik yang hanya mengenal laboratorium virtual berisiko mengira bahwa alam selalu serapi simulasinya.

C. Laboratorium Jarak Jauh: Mengendalikan Alat Nyata dari Kejauhan

Berbeda dari laboratorium virtual yang sepenuhnya simulasi, laboratorium jarak jauh memungkinkan peserta didik mengendalikan peralatan fisik yang sesungguhnya, hanya saja dari jarak jauh, melalui jaringan. Sebuah eksperimen nyata berlangsung di suatu tempat, dengan alat dan benda yang benar-benar ada, dan peserta didik mengaturnya serta mengamati hasilnya melalui layar dan kamera. Perbedaan ini penting: data yang diperoleh adalah data nyata, lengkap dengan segala ketidaksempurnaannya, bukan data hasil perhitungan model.

Pendekatan ini menjembatani jurang antara keaslian laboratorium fisik dan keterjangkauan laboratorium virtual. Ia memungkinkan banyak peserta didik berbagi satu peralatan mahal secara bergantian, dan membuka akses ke eksperimen yang menuntut instrumen khusus yang tidak mungkin dimiliki setiap institusi. Bagi institusi dengan sumber daya terbatas, situasi yang umum di banyak daerah, laboratorium jarak jauh menawarkan jalan tengah yang menarik.

Keterbatasannya pun perlu disadari. Laboratorium jarak jauh menuntut infrastruktur jaringan yang andal dan pengelolaan teknis yang tidak sederhana. Lebih dari itu, ia tetap menghilangkan dimensi sentuhan langsung, peserta didik tidak memegang alat, tidak merasakan tekstur dan bobotnya, tidak mengalami keterampilan motorik yang menyertai eksperimen sesungguhnya. Pengalaman bereksperimen menjadi termediasi oleh layar, sehingga sebagian nilai pedagogisnya berkurang meski keaslian datanya tetap terjaga.

D. Laboratorium Berbasis Sensor: Mengubah yang Sehari-hari Menjadi Instrumen

Pendekatan ketiga bertolak dari arah yang berlawanan. Alih-alih memindahkan eksperimen ke dunia digital atau ke tempat yang jauh, laboratorium berbasis sensor justru memperkaya eksperimen nyata dengan kemampuan pengukuran yang cermat. Sensor, baik

yang berupa perangkat khusus seperti pencatat data (data logger) maupun yang sudah tertanam dalam telepon pintar, mengubah benda sehari-hari menjadi instrumen pengukur yang teliti.

Kekuatan pendekatan ini terletak pada perpaduan antara keaslian dan ketelitian. Peserta didik tetap melakukan eksperimen nyata dengan tangannya sendiri, tetapi kini dapat mengukur besaran yang sebelumnya sukar ditangkap secara manual, percepatan, intensitas bunyi, medan magnet, atau tekanan udara, dengan perangkat yang mungkin sudah ada di saku mereka. Telepon pintar masa kini memuat beragam sensor yang, dengan aplikasi yang tepat, dapat dimanfaatkan untuk eksperimen fisika yang sah. Hal ini menjadikan eksperimen berkualitas lebih terjangkau, karena tidak selalu menuntut pengadaan instrumen laboratorium yang mahal.

Pendekatan berbasis sensor juga memiliki nilai tambah yang khas: ia mendekatkan fisika dengan kehidupan sehari-hari. Ketika peserta didik mengukur percepatan dengan menjatuhkan teleponnya secara terkendali, atau menganalisis gelombang bunyi dari alat musiknya sendiri, fisika berhenti menjadi pelajaran di buku dan menjadi sesuatu yang hidup di dunianya. Keterbatasannya terletak pada ketelitian dan kalibrasi sensor yang beragam mutunya, serta kebutuhan akan pemahaman teknis tertentu untuk memanfaatkannya dengan benar.

E. Memadukan Eksperimen Nyata dan Virtual

Keempat, dan barangkali yang paling menjanjikan, adalah pendekatan yang tidak memilih salah satu, melainkan memadukan eksperimen nyata dengan eksperimen virtual secara berurutan. Gagasannya sederhana namun kuat: eksperimen nyata memberikan pengalaman autentik dan melatih keterampilan motorik, sementara eksperimen virtual mampu memvisualkan konsep abstrak dan meningkatkan keberhasilan eksperimen. Keduanya memiliki kekuatan yang justru saling melengkapi kelemahan masing-masing.

Bukti penelitian mendukung perpaduan ini. Meta-analisis terhadap puluhan studi menyimpulkan bahwa memadukan

eksperimen nyata dan virtual berkontribusi positif terhadap hasil belajar fisika dibandingkan eksperimen nyata semata, dengan ukuran efek yang tergolong sedang. Yang menarik, analisis itu juga menemukan bahwa konsep fisika yang lebih rumit dan abstrak justru paling diuntungkan oleh perpaduan ini, sejalan dengan gagasan bahwa konsep abstrak membutuhkan jembatan visual yang disediakan eksperimen virtual. Temuan lain menyebutkan bahwa urutan penggabungan turut menentukan keberhasilan, sehingga perpaduan yang dirancang berdasarkan kerangka teoretis cenderung lebih efektif daripada yang sekadar menumpuk kedua jenis eksperimen tanpa pertimbangan.

Pelajaran pentingnya adalah bahwa pertanyaan “nyata atau virtual” sering kali keliru sejak awal. Pertanyaan yang lebih baik adalah “bagaimana memadukan keduanya, dan dalam urutan apa, agar masing-masing menyumbangkan kekuatannya”. Inilah penerapan kembali prinsip yang telah berulang kali muncul dalam buku ini: yang menentukan bukan jenis mediana, melainkan kesesuaian rancangannya dengan tujuan pembelajaran.

F. Membandingkan Keempat Pendekatan

Untuk memudahkan penalaran, keempat pendekatan dapat dibandingkan berdasarkan dimensi-dimensi yang paling menentukan dalam pembelajaran fisika. Tabel berikut merangkum kekuatan dan keterbatasan utamanya.

Tabel 8.1 Perbandingan kekuatan dan keterbatasan pendekatan media berbasis eksperimen.

Pendekatan	Kekuatan Utama	Keterbatasan Utama
Laboratorium virtual	Aman, murah, dapat diulang; mampu menampilkan yang tak tampak.	Model yang disederhanakan; tanpa sentuhan dan data nyata.

Pendekatan	Kekuatan Utama	Keterbatasan Utama
Laboratorium jarak jauh	Data nyata; berbagi alat mahal; akses lintas tempat.	Butuh jaringan andal; tanpa sentuhan langsung.
Berbasis sensor	Eksperimen nyata yang teliti dan terjangkau; dekat dengan keseharian.	Ketelitian sensor beragam; perlu pemahaman teknis.
Perpaduan nyata-virtual	Menggabungkan keaslian dan visualisasi; unggul untuk konsep abstrak.	Menuntut perancangan urutan yang cermat.

Tabel ini memperjelas bahwa tidak ada satu pendekatan yang unggul dalam segala hal. Masing-masing menonjol pada dimensi tertentu dan lemah pada dimensi lain. Maka tugas seorang pendidik bukanlah mencari pendekatan “terbaik”, melainkan memilih, atau memadukan, pendekatan yang paling melayani tujuan eksperimen yang sedang dirancang, dengan mempertimbangkan ketiga fungsi eksperimen yang dibahas di awal bab serta sumber daya yang tersedia.

G. Prinsip yang Melampaui Teknologi

Seperti pada bab-bab sebelumnya, perlu ditegaskan bahwa keempat pendekatan ini adalah kategori, bukan produk. Aplikasi tertentu yang populer hari ini boleh jadi tergantikan esok hari, tetapi prinsip yang mendasari setiap kategori akan tetap berlaku. Selama fisika tetap bertumpu pada eksperimen, akan selalu ada kebutuhan untuk menyimulasikan yang berbahaya, mengakses dari jauh yang mahal, mengukur dengan teliti yang nyata, dan memadukan keaslian dengan visualisasi. Bentuk teknologinya akan berubah; kebutuhan dan prinsip pemilihannya tidak.

Seorang pendidik yang memahami prinsip ini tidak akan gentar menghadapi teknologi baru. Ketika muncul, misalnya, laboratorium berbasis realitas tertambah yang belum dikenal sekarang, ia tidak perlu memulai dari nol. Ia cukup bertanya: pengalaman eksperimen seperti apa yang ditawarkan teknologi ini, fungsi eksperimen mana yang dilayaninya, dan dalam dimensi mana ia unggul atau lemah dibanding pendekatan yang sudah ada? Dengan kerangka penalaran itu, teknologi apa pun dapat dinilai dan ditempatkan secara jernih.

H. Penutup

Eksperimen adalah jantung pembelajaran fisika, dan media berbasis eksperimen hadir untuk menghadirkan pengalaman bereksperimen melalui berbagai jalur ketika eksperimen nyata terkendala. Laboratorium virtual menawarkan keamanan, keterjangkauan, dan kemampuan menampakkan yang tak tampak, meski tetap merupakan model yang disederhanakan. Laboratorium jarak jauh menghadirkan data nyata yang dapat diakses dari kejauhan, dengan mengorbankan sentuhan langsung. Laboratorium berbasis sensor memperkaya eksperimen nyata dengan pengukuran yang teliti dan terjangkau. Dan perpaduan eksperimen nyata dengan virtual, yang didukung bukti meta-analitik, menggabungkan kekuatan keduanya, terutama untuk konsep yang abstrak dan rumit. Yang menyatukan keempatnya adalah kesadaran bahwa nilai sebuah media eksperimen diukur dari sejauh mana ia melayani fungsi eksperimen, menguji konsep, melatih keterampilan proses sains, dan menumbuhkan sikap ilmiah, bukan dari kecanggihan teknologinya. Dengan prinsip ini sebagai pegangan, pembahasan kita beranjak ke bab berikutnya, yang menyoroti teknologi-teknologi yang sedang berkembang dan menilai nilai pedagogisnya bagi pembelajaran fisika.



BAB

09.

MENYIKAPI TEKNOLOGI YANG SEDANG BERKEMBANG

Tidak ada bab dalam buku ini yang lebih cepat menua daripada bab ini. Teknologi yang hari ini disebut “mutakhir” boleh jadi akan terasa kuno dalam beberapa tahun, dan teknologi yang belum kita kenal saat tulisan ini dibuat mungkin sudah lazim ketika Anda membacanya. Justru karena itulah bab ini ditulis dengan cara yang berbeda. Alih-alih mengajarkan cara mengoperasikan teknologi tertentu, yang pasti akan usang, bab ini mengajak menelaah nilai pedagogis di balik setiap teknologi dan, yang lebih penting, melatih cara menyikapinya secara bijak.

Empat kelompok teknologi akan kita tinjau: realitas bertambah dan realitas maya, Internet untuk Segala (IoT), gamifikasi, dan kecerdasan buatan. Untuk masing-masing, pertanyaan yang kita ajukan bukanlah “bagaimana cara memakainya”, melainkan “apa nilai pembelajaran yang ditawarkannya, dan kapan ia benar-benar layak digunakan”. Dengan begitu, ketika teknologi-teknologi ini berganti rupa, dan mereka pasti akan berganti, kerangka berpikir yang Anda peroleh tetap berlaku.

A. Realitas Tertambah dan Realitas Maya

Realitas ditambah (augmented reality) menumpangkan objek digital ke atas dunia nyata, sementara realitas maya (virtual reality) membenamkan pengguna sepenuhnya ke dalam dunia buatan. Bagi pembelajaran fisika, daya tarik utamanya jelas: keduanya mampu menampilkan konsep abstrak dalam ruang tiga dimensi yang dapat dilihat dari berbagai sudut, sesuatu yang sulit dicapai gambar datar. Garis medan magnet yang melayang di sekitar magnet nyata, atau orbit elektron yang dapat “dimasuki”, menjadikan yang abstrak terasa hadir.

Bukti penelitian cukup menjanjikan. Sebuah meta-analisis atas lebih dari seratus studi menyimpulkan bahwa realitas ditambah memberikan dampak positif terhadap hasil belajar, dengan pengaruh yang paling besar justru pada tataran performa atau penerapan, bukan sekadar mengingat (Chang dkk., 2022). Analisis lain yang menelaah puluhan studi menemukan bahwa realitas ditambah di lingkungan belajar interaktif secara signifikan meningkatkan keefektifan belajar secara keseluruhan, sekaligus motivasi, kepercayaan diri, dan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Lin dkk., 2023).

Namun di balik angka-angka yang menggembirakan itu tersimpan peringatan penting. Penelitian yang sama mencatat bahwa penggunaan visualisasi tiga dimensi dalam realitas ditambah perlu dirancang dengan cermat, sebab tanpa kehati-hatian, kekayaan visual justru dapat membebani memori kerja dan mengaburkan inti pesan, persis seperti yang diperingatkan teori beban kognitif pada Bab 3. Di sinilah letak godaan terbesar teknologi imersif: ia begitu memukau sehingga mudah membuat kita lupa bertanya apakah keterpukauan itu benar-benar berujung pada pemahaman. Realitas maya yang spektakuler bisa saja meninggalkan kesan mendalam tanpa meninggalkan pengetahuan yang bertahan.

B. Internet untuk Segala (IoT)

Internet untuk Segala merujuk pada jaringan perangkat yang saling terhubung dan bertukar data, sensor, pengendali, dan

instrumen yang dapat dipantau serta dikendalikan dari jauh. Dalam pembelajaran fisika, potensinya bertaut erat dengan eksperimen yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Sensor yang terhubung memungkinkan pengumpulan data secara terus-menerus dan otomatis, pemantauan eksperimen jarak jauh, serta perekaman fenomena yang berlangsung dalam rentang waktu panjang yang mustahil diamati secara manual.

Nilai pedagogis IoT terutama terletak pada kemampuannya menghubungkan fisika dengan dunia nyata yang terukur. Ketika peserta didik dapat memasang sensor untuk memantau suhu, kelembapan, atau getaran di lingkungan sekitarnya secara berkelanjutan, fisika berhenti menjadi soal di papan tulis dan menjadi cara membaca dunia. Pendekatan ini juga melatih keterampilan yang semakin relevan di era data, mengelola, menafsirkan, dan menyimpulkan dari kumpulan data nyata yang besar.

Keterbatasannya bersifat praktis sekaligus konseptual. Secara praktis, IoT menuntut infrastruktur, pemeliharaan, dan kemampuan teknis yang tidak selalu tersedia. Secara konseptual, ada risiko bahwa kemudahan pengumpulan data otomatis justru menjauhkan peserta didik dari pengalaman mengukur secara langsung, padahal pengalaman itu sendiri bagian dari keterampilan proses sains. Maka, sebagaimana teknologi lain, nilai IoT bergantung pada bagaimana ia dirancang ke dalam pembelajaran, bukan pada keberadaannya semata.

C. Gamifikasi

Gamifikasi adalah penerapan unsur-unsur permainan, seperti poin, lencana, papan peringkat, tantangan bertingkat, ke dalam konteks yang bukan permainan, termasuk pembelajaran. Gagasannya adalah memanfaatkan daya tarik permainan untuk meningkatkan keterlibatan dan motivasi peserta didik. Dalam pembelajaran fisika, gamifikasi kerap dipakai untuk membuat latihan soal atau eksplorasi konsep terasa lebih menantang dan menyenangkan.

Bukti tentang keefektifannya bersifat positif namun perlu ditafsirkan dengan hati-hati. Meta-analisis yang berpengaruh menemukan bahwa gamifikasi memberikan efek positif yang signifikan terhadap hasil belajar kognitif, meskipun tergolong kecil hingga sedang, serta efek terhadap motivasi dan perilaku yang lebih kecil dan kurang stabil (Sailer & Homner, 2020). Temuan ini penting karena meredam dua kesalahpahaman sekaligus: di satu sisi, gamifikasi bukan sekadar gimik tanpa manfaat; di sisi lain, ia juga bukan obat mujarab yang otomatis meningkatkan pembelajaran.

Yang menentukan adalah rancangannya. Gamifikasi yang dangkal, sekadar menempelkan poin pada aktivitas yang membosankan, cenderung gagal, dan bahkan dapat menggeser perhatian peserta didik dari belajar ke sekadar mengumpulkan ganjaran. Ada pula gejala yang dikenal sebagai efek kebaruan: antusiasme awal terhadap unsur permainan kerap memudar seiring waktu. Gamifikasi yang berhasil adalah yang menautkan unsur permainan secara bermakna dengan tujuan belajar, sehingga tantangan dalam permainan sekaligus merupakan tantangan dalam memahami konsep.

D. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan adalah teknologi yang berkembang paling pesat di antara semuanya, sehingga pembahasan apa pun tentangnya berisiko cepat usang. Karena itu, kita batasi pada nilai pedagogis yang bersifat mendasar. Dalam pembelajaran fisika, kecerdasan buatan menjanjikan beberapa hal: penyesuaian pembelajaran dengan kebutuhan tiap peserta didik (pembelajaran adaptif), umpan balik segera atas pekerjaan, pembuatan soal dan penjelasan, serta peran sebagai mitra berdiskusi yang selalu tersedia.

Potensi ini nyata, tetapi disertai pertimbangan yang sungguh-sungguh perlu diperhatikan. Pertama, soal ketepatan: sistem kecerdasan buatan dapat menghasilkan penjelasan yang terdengar meyakinkan namun keliru secara fisika, bahaya yang khusus serius dalam bidang yang sarat miskonsepsi. Kedua, soal kemandirian belajar: kemudahan memperoleh jawaban dapat melemahkan

ketekunan peserta didik dalam bergulat dengan persoalan, padahal pergulatan itu sendiri merupakan bagian dari belajar. Ketiga, soal pemerataan dan etika penggunaan data yang menyertai setiap teknologi baru.

Sikap yang bijak terhadap kecerdasan buatan bukanlah menolaknya secara membabi buta atau merangkulnya tanpa syarat, melainkan menempatkannya sebagai alat yang nilainya bergantung pada cara penggunaan. Sebagai mitra yang memperkaya proses berpikir peserta didik, ia berharga; sebagai pengganti proses berpikir itu sendiri, ia merugikan. Perbedaan inilah yang perlu terus dijaga, dan ia merupakan penilaian pedagogis, bukan penilaian teknis.

E. Kerangka Menilai Teknologi Baru

Benang merah dari keempat teknologi di atas membawa kita pada inti bab ini: sebuah kerangka untuk menilai teknologi apa pun, termasuk yang belum ada saat tulisan ini dibuat. Alih-alih bertanya “apakah teknologi ini canggih” atau “apakah teknologi ini sedang populer”, ajukanlah serangkaian pertanyaan yang menyentuh nilai pembelajarannya. Tabel berikut menyusun pertanyaan-pertanyaan penuntun tersebut.

Tabel 9.1 Dimensi penilaian teknologi pembelajaran yang sedang berkembang.

Dimensi Penilaian	Pertanyaan Penuntun
Nilai pedagogis	Apa yang dimungkinkan teknologi ini bagi pembelajaran, yang sulit atau mustahil dicapai tanpanya?
Kesesuaian dengan konsep	Apakah ia melayani sifat konsep fisika yang hendak diajarkan, abstrak, dinamis, mikroskopik, atau relasional?
Beban kognitif	Apakah ia memperjelas pesan, atau justru menambah beban dengan kemewahan yang tidak esensial?

Dimensi Penilaian	Pertanyaan Penuntun
Keterlibatan bermakna	Apakah ia mendorong peserta didik berpikir, atau hanya membuat mereka terhibur dan pasif?
Keterjangkauan dan akses	Dapatkah ia diadakan dan diakses secara wajar oleh peserta didik yang dituju?
Keterbatasan dan risiko	Apa yang hilang atau berisiko ketika teknologi ini digunakan, dan dapatkah hal itu diatasi?

Pertanyaan-pertanyaan ini sengaja dirumuskan agar tidak terikat pada teknologi tertentu. Apakah yang dinilai adalah realitas bertambah hari ini atau bentuk teknologi yang sama sekali baru sepuluh tahun lagi, pertanyaannya tetap berlaku. Inilah yang dimaksud dengan “memberi kail, bukan ikan”: alih-alih membekali pembaca dengan pengetahuan tentang alat yang akan usang, bab ini membekalinya dengan kemampuan menilai alat apa pun secara mandiri.

F. Penutup

Teknologi yang sedang berkembang, realitas bertambah dan maya, Internet untuk Segala, gamifikasi, dan kecerdasan buatan, masing-masing menawarkan nilai pedagogis yang nyata bagi pembelajaran fisika, sekaligus membawa keterbatasan dan risiko yang tidak boleh diabaikan. Bukti penelitian umumnya menunjukkan dampak positif, tetapi selalu dengan syarat bahwa teknologi itu dirancang dengan cermat dan ditautkan secara bermakna dengan tujuan belajar. Godaan terbesar dari setiap teknologi baru adalah membiarkan keterpukauan menggantikan pertimbangan. Maka yang paling berharga bukanlah penguasaan atas teknologi tertentu, melainkan kerangka untuk menilainya, serangkaian pertanyaan tentang nilai pedagogis, kesesuaian, beban kognitif, keterlibatan, akses, dan risiko. Dengan kerangka ini, seorang pendidik dapat menyambut teknologi masa depan tanpa

kehilangan arah. Bertolak dari penilaian yang jernih atas ragam media dan teknologi inilah, kita siap memasuki bagian ketiga buku ini, yang membahas bagaimana mengembangkan dan menilai media secara nyata dalam praktik.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB 10.

MENGENAL KATEGORI PERANGKAT PENGEMBANGAN MEDIA FISIKA

Dua bagian pertama buku ini membahas mengapa media penting dan jenis media apa yang melayani konsep fisika tertentu. Kini, pada bagian ketiga, kita beralih ke ranah yang lebih praktis: bagaimana media itu dibuat, dipadukan ke dalam pembelajaran, dan dinilai mutunya. Bab ini membuka bagian tersebut dengan mengenalkan perangkat-perangkat yang lazim digunakan untuk mengembangkan media fisika.

Namun di sinilah buku ini mengambil sikap yang berbeda dari kebanyakan buku sejenis. Alih-alih menyusun bab ini sebagai tutorial penggunaan aplikasi tertentu, yang akan cepat usang seiring berubahnya antarmuka dan munculnya pesaing baru, kita menyusunnya berdasarkan fungsi. Pertanyaan yang menuntun bukan “aplikasi apa yang harus saya kuasai”, melainkan “fungsi pengembangan apa yang saya butuhkan, dan kategori perangkat mana yang melayaninya”. Dengan begitu, ketika sebuah aplikasi tertentu menghilang atau tergantikan, pemahaman Anda tentang kategorinya tetap utuh, dan Anda tahu jenis penggantinya yang perlu dicari.

A. Mengapa Berpikir dalam Kategori, Bukan Aplikasi

Sejarah teknologi pendidikan dipenuhi aplikasi yang dahulu populer dan kini terlupakan. Perangkat lunak animasi yang menjadi standar satu dekade lalu banyak yang telah ditinggalkan; format berkas yang dahulu universal kini tak lagi didukung. Seorang pendidik yang menambatkan keahliannya pada satu aplikasi tertentu akan terpaksa belajar dari nol setiap kali aplikasi itu usang. Sebaliknya, seorang pendidik yang memahami kategori, apa fungsi yang dijalankan sekelompok perangkat, dan prinsip kerja yang menyatukannya, dapat dengan mudah berpindah dari satu aplikasi ke aplikasi lain dalam kategori yang sama.

Karena itu, sepanjang bab ini, nama-nama aplikasi disebutkan semata sebagai contoh yang mewakili kategorinya pada saat buku ini ditulis, bukan sebagai keharusan. Contoh-contoh tersebut sengaja dikumpulkan dalam sebuah tabel di akhir bab, terpisah dari uraian utama, agar mudah diperbarui pada cetakan-cetakan berikutnya tanpa mengubah inti pembahasan. Yang abadi adalah fungsinya; yang berubah adalah perkakasnya.

Setidaknya ada lima kategori fungsi yang menopang hampir seluruh pengembangan media fisika: perangkat simulasi, perangkat analisis video gerak, perangkat visualisasi matematis, perangkat authoring multimedia, dan perangkat pembuatan asesmen interaktif. Mari kita telusuri satu per satu.

B. Perangkat Simulasi

Kategori pertama, dan barangkali yang paling khas bagi fisika, adalah perangkat simulasi. Fungsinya adalah menghadirkan model fenomena fisis yang dapat dimanipulasi peserta didik, mengubah variabel, menjalankan proses, dan mengamati akibatnya. Sebagaimana telah dibahas, perangkat semacam ini unggul dalam menampilkan konsep abstrak dan proses yang tidak dapat diamati langsung, sembari memberi peserta didik kendali untuk bereksperimen layaknya ilmuwan (Wieman, Adams, & Perkins, 2008).

Yang menjadi penanda kategori ini bukanlah merek aplikasinya, melainkan kemampuannya memodelkan hubungan fisis secara dinamis dan interaktif. Ketika menilai sebuah perangkat simulasi, pertanyaan yang relevan adalah seberapa akurat model fisisnya, seberapa leluasa peserta didik mengendalikan variabel, dan seberapa jelas umpan balik visual yang diberikannya. Perangkat yang memenuhi ketiga hal ini akan melayani pembelajaran dengan baik, apa pun namanya.

C. Perangkat Analisis Video Gerak

Kategori kedua berfungsi mengubah rekaman video suatu gerakan menjadi data kuantitatif. Dengan menandai posisi suatu objek dari bingkai ke bingkai, perangkat ini menghasilkan data posisi terhadap waktu yang kemudian dapat dianalisis, kecepatan, percepatan, dan hubungan-hubungan kinematik lain. Keistimewaan kategori ini adalah ia menjembatani eksperimen nyata dengan analisis data: gerakan yang benar-benar terjadi, direkam dengan kamera biasa, diubah menjadi angka dan grafik.

Nilai pedagogisnya khas. Peserta didik dapat merekam gerakan dari dunia nyata mereka sendiri, bola yang dilempar, sepeda yang melaju, lalu membedahnya secara ilmiah, sehingga fisika terasa nyata dan dekat. Kategori ini juga melatih keterampilan proses sains secara langsung, dari pengumpulan data hingga penafsiran grafik. Penanda kategorinya adalah kemampuan mengekstraksi data terukur dari citra bergerak; perangkat apa pun yang menjalankan fungsi ini termasuk di dalamnya.

D. Perangkat Visualisasi Matematis

Kategori ketiga berfungsi memvisualkan hubungan matematis secara dinamis, mengubah persamaan dan fungsi menjadi grafik dan bentuk geometris yang dapat dimanipulasi. Bagi fisika, yang begitu sarat dengan hubungan matematis, kategori ini berharga karena menjembatani lambang dengan makna: peserta didik dapat menggeser sebuah parameter dalam persamaan dan langsung menyaksikan bagaimana grafiknya berubah.

Bukti penelitian mendukung nilai pendekatan visualisasi dinamis ini. Sebuah meta-analisis atas dua dekade penelitian menemukan bahwa perangkat visualisasi matematis dinamis memberikan dampak positif yang tergolong sedang hingga besar terhadap pencapaian belajar (Zhang, Wang, Jia, Zhang, & Chen, 2025). Dalam konteks fisika, kemampuan ini menunjang pemahaman atas hubungan antar-variabel yang telah kita bahas sebagai salah satu sifat konsep pada Bab 6. Penanda kategorinya adalah keterpaduan antara representasi aljabar dan representasi grafis yang dapat dimanipulasi secara langsung.

E. Perangkat Authoring Multimedia

Kategori keempat berfungsi menggabungkan beragam unsur, teks, gambar, suara, animasi, dan tautan, menjadi satu sajian media yang utuh. Inilah kategori yang paling luas dan paling umum, mencakup perangkat presentasi, penyusun materi visual, hingga penyusun modul interaktif. Fungsinya adalah merangkai, bukan menghitung atau memodelkan.

Justru karena keluwesannya, kategori ini paling rentan terhadap godaan yang telah kita bahas pada Bab 3: kemudahan menambahkan unsur dapat menggoda perancang untuk menumpuk hiasan yang tidak perlu. Maka, dalam memanfaatkan perangkat authoring, prinsip desain pesan menjadi sangat menentukan, kekuatan perangkat ini hanya bermanfaat bila dikendalikan oleh disiplin merancang. Mengingat satu representasi tidak pernah cukup untuk menangkap seluruh dimensi konsep fisika, perangkat authoring berperan penting dalam memadukan beberapa representasi secara terkoordinasi dalam satu sajian (Munfaridah, Avraamidou, & Goedhart, 2021).

F. Perangkat Pembuatan Asesmen Interaktif

Kategori kelima berfungsi membuat kuis, latihan, dan asesmen yang dapat memberikan umpan balik segera. Fungsinya bukan menyajikan materi, melainkan memberi peserta didik kesempatan menguji pemahaman dan memperoleh tanggapan langsung atas jawabannya, sebuah prinsip yang berakar pada

pandangan behavioris tentang penguatan, sebagaimana dibahas pada Bab 1.

Nilai kategori ini terletak pada umpan balik yang cepat dan kesempatan berlatih yang berulang. Dalam fisika, perangkat semacam ini dapat membantu peserta didik menguji pemahaman konsep sekaligus mengungkap miskonsepsi yang mungkin masih bertahan. Penanda kategorinya adalah kemampuan memberikan tanggapan otomatis atas respons peserta didik; sebagaimana kategori lain, perangkat spesifiknya boleh berganti, fungsinya tetap.

G. Tabel Contoh Perangkat per Kategori

Tabel berikut merangkum kelima kategori beserta beberapa contoh perangkat yang mewakilinya pada saat buku ini ditulis. Sekali lagi perlu ditegaskan: kolom contoh ini bersifat sementara dan dapat berubah; yang perlu dipegang adalah kolom fungsi. Pembaca dianjurkan memperlakukan daftar contoh sebagai titik awal pencarian, bukan sebagai daftar yang mengikat.

Tabel 10.1 Kategori perangkat pengembangan media fisika beserta contohnya.

Kategori (Fungsi)	Apa yang Dikerjakannya	Contoh Perangkat*
Simulasi	Memodelkan fenomena fisis yang dapat dimanipulasi secara dinamis.	PhET Interactive Simulations, Algodoo
Analisis video gerak	Mengubah rekaman gerakan menjadi data posisi, kecepatan, dan percepatan.	Tracker
Visualisasi matematis	Memvisualkan persamaan dan fungsi menjadi grafik yang dapat dimanipulasi.	GeoGebra, Desmos
Authoring multimedia	Merangkai teks, gambar, suara, dan animasi menjadi sajian media utuh.	Perangkat presentasi, Canva, penyusun modul interaktif

Kategori (Fungsi)	Apa yang Dikerjakannya	Contoh Perangkat*
Asesmen interaktif	Membuat kuis dan latihan dengan umpan balik segera.	Quizizz, Kahoot, Google Forms

**Contoh perangkat bersifat ilustratif dan mencerminkan keadaan pada saat penulisan; daftar ini dapat diperbarui tanpa mengubah uraian fungsi pada kolom sebelumnya.*

H. Penutup

Mengembangkan media fisika menuntut pengenalan terhadap perangkat yang tersedia, tetapi pengenalan yang bijak adalah pengenalan terhadap kategori fungsinya, bukan sekadar hafalan atas aplikasi tertentu. Lima kategori, simulasi, analisis video gerak, visualisasi matematis, authoring multimedia, dan asesmen interaktif, menopang hampir seluruh kebutuhan pengembangan media fisika, masing-masing dengan penanda fungsi yang khas. Aplikasi yang mewakili tiap kategori akan datang dan pergi, tetapi fungsinya bertahan; seorang pendidik yang memahami fungsi dapat berpindah perangkat tanpa kehilangan kemampuannya. Inilah penerapan kembali prinsip yang menjadi ruh buku ini, membekali pembaca dengan kerangka yang tahan zaman, bukan dengan pengetahuan yang akan usang. Dengan pemahaman atas kategori perangkat ini, kita siap melangkah ke bab berikutnya, yang membahas bagaimana mengubah gagasan menjadi produk media melalui kerangka pengembangan yang sistematis.



BAB

11.

KERANGKA PENGEMBANGAN MEDIA: DARI KONSEP KE PRODUK

Mengenali kategori perangkat barulah separuh perjalanan. Pertanyaan yang lebih menentukan adalah bagaimana mengubah sebuah gagasan, “saya ingin membuat media untuk mengajarkan konsep ini”, menjadi produk media yang benar-benar berfungsi. Banyak media pembelajaran gagal bukan karena perangkatnya kurang canggih, melainkan karena proses pengembangannya melompati langkah-langkah penting: dibuat tergesa tanpa memahami kebutuhan, atau dianggap selesai tanpa pernah diuji.

Bab ini menyajikan kerangka berpikir untuk menempuh perjalanan dari konsep ke produk. Penting untuk ditegaskan sejak awal bahwa yang ditawarkan bukanlah resep langkah-demi-langkah yang kaku, “klik ini, lalu klik itu”, melainkan alur penalaran yang berlaku universal, apa pun perangkat dan teknologi yang digunakan. Fokus kita bukan pada bagaimana mengoperasikan suatu aplikasi, melainkan pada mengapa setiap keputusan diambil. Sebab keterampilan mengoperasikan aplikasi akan usang, tetapi kemampuan menalar dalam merancang akan terus berlaku.

A. Lima Tahap Penalaran Pengembangan

Sebagaimana telah dibahas pada Bab 4, hampir semua model pengembangan, ADDIE, 4D, dan lainnya, berbagi pola inti yang sama. Di sini kita merumuskan pola itu sebagai lima tahap penalaran yang saling mengalir: memahami kebutuhan, menentukan format, membangun prototipe, memvalidasi, dan menyempurnakan. Kelima tahap ini bukan kotak-kotak terpisah yang dilalui sekali jalan, melainkan tahapan berpikir yang sering kali berputar kembali. Mari kita telaah logika di balik masing-masing.

Tahap pertama, memahami kebutuhan. Sebelum sebaris kode ditulis atau segambar pun dibuat, pertanyaan yang harus dijawab adalah: apa persoalan pembelajaran yang hendak dipecahkan? Konsep apa yang sulit dipahami peserta didik, dan mengapa sulit? Siapa peserta didiknya, apa pengetahuan awalnya, dan dalam kondisi apa mereka belajar? Tahap ini menentukan segalanya, sebab media yang menjawab persoalan yang salah, betapapun indah, adalah media yang gagal. Inilah penerapan langsung dari prinsip pemilihan media yang dibahas pada Bab 2: bertolak dari tujuan, materi, dan peserta didik.

Tahap kedua, menentukan format. Setelah kebutuhan dipahami, barulah masuk akal menanyakan bentuk media apa yang paling melayaninya. Di sinilah kerangka pemetaan dari Bab 6 berperan: apakah konsep ini bersifat dinamis, sehingga menuntut animasi atau simulasi? Apakah ia tak kasatmata, sehingga membutuhkan visualisasi? Keputusan format harus mengalir dari sifat konsep dan kebutuhan yang telah diidentifikasi, bukan dari kebetulan perangkat apa yang sedang dikuasai atau sedang populer. Format mengikuti fungsi, bukan sebaliknya.

Tahap ketiga, membangun prototipe. Alih-alih langsung membuat produk yang lengkap dan sempurna, pendekatan yang bijak adalah membangun versi awal yang sederhana terlebih dahulu, sebuah prototipe. Prototipe memungkinkan gagasan diuji secara cepat dan murah sebelum banyak waktu dan tenaga tercurah. Penelitian tentang pengembangan media pembelajaran menunjukkan bahwa pendekatan prototipe yang cepat dan

berulang dapat menjembatani jarak antara rancangan teoretis dan praktik nyata, dengan cara merancang, menguji, memperbaiki, dan merancang ulang secara berkesinambungan (Mei dkk., 2021). Kesalahan yang ditemukan pada tahap prototipe jauh lebih mudah diperbaiki daripada kesalahan yang baru diketahui setelah produk jadi sepenuhnya.

Tahap keempat, memvalidasi. Sebuah media tidak boleh dianggap selesai hanya karena pembuatnya merasa puas. Ia perlu diuji terhadap penilaian pihak lain: ahli materi yang menilai ketepatan isi fisiknya, ahli media yang menilai mutu rancangannya, dan, yang terpenting, peserta didik yang menjadi penggunaannya. Validasi mengungkap apa yang sering luput dari mata pembuatnya sendiri: penjelasan yang membingungkan, kekeliruan konsep, atau unsur yang justru membebani. Tahap inilah yang membedakan media yang dikembangkan secara serius dari media yang sekadar dibuat.

Tahap kelima, menyempurnakan. Hasil validasi menjadi dasar perbaikan. Di sinilah sifat berulang dari keseluruhan proses menjadi nyata: penyempurnaan sering kali menuntut kembali ke tahap-tahap sebelumnya, merevisi format, membangun ulang sebagian prototipe, bahkan meninjau kembali pemahaman atas kebutuhan. Pengembangan media yang baik bukanlah garis lurus dari awal ke akhir, melainkan putaran yang berulang hingga produk benar-benar melayani tujuannya.

B. Mengapa Sifat Berulang Begitu Penting

Kesalahpahaman yang lazim adalah membayangkan pengembangan sebagai proses sekali jalan: rencanakan, buat, selesai. Dalam praktik, pengembangan media yang bermutu hampir selalu berulang. Pendekatan prototipe cepat yang berulang justru bertumpu pada gagasan bahwa setiap putaran, merancang, menguji, memperbaiki, mendekatkan produk pada bentuk terbaiknya, sembari menjembatani teori dengan kebutuhan nyata di lapangan (Mei dkk., 2021).

Sifat berulang ini juga menjelaskan mengapa membangun prototipe sederhana lebih bijak daripada langsung mengejar produk yang sempurna. Ketika sebuah versi awal diuji dan ternyata keliru arah, kerugiannya kecil dan perbaikannya mudah. Sebaliknya, produk yang dibangun lengkap sejak awal tanpa pengujian berisiko menghamburkan banyak usaha pada arah yang salah. Dalam pengembangan media, kerendahan hati untuk menguji lebih awal adalah bentuk efisiensi, bukan kelemahan.

C. Studi Kasus Ringkas: Media untuk Konsep Gerak Jatuh Bebas

Untuk memperjelas bagaimana kelima tahap bekerja secara terpadu, mari kita ikuti sebuah contoh ringkas. Contoh ini sengaja disajikan sebagai ilustrasi penalaran, bukan sebagai panduan teknis, perhatikan bagaimana setiap keputusan mengalir dari pertimbangan, bukan dari kebiasaan.

Seorang dosen mendapati bahwa mahasiswanya kesulitan memahami gerak jatuh bebas. Pada tahap memahami kebutuhan, ia menelusuri akar kesulitan itu dan menemukan sebuah miskonsepsi yang membandel: banyak mahasiswa meyakini bahwa benda yang lebih berat jatuh lebih cepat. Kebutuhannya, dengan demikian, bukan sekadar “menjelaskan gerak jatuh bebas”, melainkan “mengonfrontasi miskonsepsi tentang pengaruh massa terhadap kecepatan jatuh”, rumusan yang jauh lebih tajam.

Pada tahap menentukan format, ia menalar bahwa konsep ini bersifat dinamis dan menuntut perbandingan langsung antara dua benda yang jatuh bersamaan, sesuatu yang sulit diamati dengan jelas di dunia nyata karena berlangsung terlalu cepat. Maka format yang melayani kebutuhan ini adalah simulasi atau analisis video yang dapat diperlambat dan diulang, yang memungkinkan mahasiswa menyaksikan sendiri bahwa kedua benda menyentuh tanah bersamaan, bertentangan dengan dugaan awal mereka. Keputusan format ini mengalir langsung dari sifat konsep dan dari kebutuhan mengonfrontasi miskonsepsi.

Pada tahap prototipe, ia membuat versi awal yang sederhana, mungkin sekadar satu skenario perbandingan dua benda, lalu mengujinya pada beberapa mahasiswa. Pada tahap validasi, ia menemukan bahwa sebagian mahasiswa masih ragu karena menduga ada “trik” dalam simulasi; masukan ini mengarahkannya pada tahap penyempurnaan, di mana ia menambahkan pilihan bagi mahasiswa untuk mengatur sendiri massa kedua benda, sehingga mereka yakin tidak ada rekayasa. Perhatikan bahwa penyempurnaan ini lahir dari validasi, bukan dari dugaan pembuatnya, dan bahwa setiap langkah dapat dipertanggungjawabkan alasannya.

D. Penalaran yang Tahan Zaman

Yang membuat kerangka ini berharga adalah sifatnya yang sepenuhnya tidak bergantung pada teknologi. Pada studi kasus di atas, tidak sekali pun kita perlu menyebut aplikasi tertentu; yang menggerakkan seluruh proses adalah penalaran, dari kebutuhan ke format, dari prototipe ke validasi, dari validasi ke penyempurnaan. Aplikasi yang dipakai untuk membuat simulasi gerak jatuh bebas boleh berganti setiap beberapa tahun, tetapi alur penalaran ini akan tetap berlaku.

Ini lah inti dari pendekatan “memberi kail, bukan ikan” yang menjadi ruh buku ini. Seorang pendidik yang menginternalisasi alur penalaran ini dapat mengembangkan media yang baik dengan perangkat apa pun yang tersedia di tangannya, kini maupun di masa depan. Ia tidak bergantung pada tutorial yang akan usang, melainkan pada kerangka berpikir yang ia bawa ke mana pun teknologi membawanya.

E. Penutup

Mengubah konsep menjadi produk media menuntut lebih dari sekadar penguasaan perangkat; ia menuntut alur penalaran yang tertib. Lima tahap, memahami kebutuhan, menentukan format, membangun prototipe, memvalidasi, dan menyempurnakan, membentuk kerangka yang menjaga agar pengembangan berlangsung terarah dan dapat dipertanggung jawabkan. Sifat

berulang dari proses ini, dengan prototipe sederhana yang diuji lebih awal, justru merupakan bentuk efisiensi yang menghindarkan dari pemborosan usaha pada arah yang keliru. Karena kerangka ini bertumpu pada penalaran dan bukan pada teknologi tertentu, ia tetap berlaku apa pun perangkat yang digunakan, membekali pendidik dengan kemampuan merancang yang tahan zaman. Setelah memahami bagaimana media dikembangkan, kita beralih pada pertanyaan tentang bagaimana media itu dipadukan ke dalam pembelajaran yang utuh, yang menjadi pokok bahasan bab berikutnya.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

12.

INTEGRASI MEDIA DALAM PEMBELAJARAN

Sebuah media yang baik, sebagaimana telah kita bahas pada bab-bab sebelumnya, belum tentu berdampak baik. Sebuah simulasi yang dirancang dengan cermat dapat menjadi sia-sia jika sekadar ditayangkan di depan kelas tanpa keterlibatan peserta didik; sebaliknya, media yang sederhana dapat memberikan dampak besar jika ditempatkan secara tepat dalam alur pembelajaran. Inilah persoalan yang dibahas bab ini: bukan tentang membuat media, melainkan tentang memadukannya ke dalam pembelajaran yang utuh sehingga ia benar-benar berfungsi.

Persoalan integrasi sering kali terlupakan. Banyak pendidik mencurahkan tenaga untuk membuat atau memilih media yang baik, lalu menganggap pekerjaan selesai begitu media itu jadi. Padahal, di sinilah banyak potensi media menguap: media yang hebat ditempelkan begitu saja pada pola pembelajaran lama yang pasif. Bab ini membahas bagaimana memadukan media ke dalam skenario pembelajaran, mengenali model-model seperti blended dan flipped learning, serta menempatkan sistem pengelolaan pembelajaran pada porsinya yang tepat, semuanya sebagai strategi, bukan sebagai urusan teknis pengoperasian.

A. Media sebagai Bagian dari Skenario, Bukan Tambahan

Kesalahan paling mendasar dalam pemanfaatan media adalah memperlakukannya sebagai tambahan yang terpisah dari rancangan pembelajaran. Dalam pandangan ini, media menjadi semacam selingan: setelah ceramah, ditayangkan video; setelah penjelasan, dibuka simulasi. Media hadir, tetapi tidak terjalin dengan alur berpikir yang ingin dibangun. Akibatnya, ia tidak banyak mengubah kualitas pembelajaran.

Pemanfaatan yang bermakna menuntut media direncanakan sebagai bagian tak terpisahkan dari skenario pembelajaran sejak awal. Dalam dokumen perencanaan pembelajaran, seperti Rencana Pembelajaran Semester, media semestinya muncul bukan sebagai daftar alat yang akan dipakai, melainkan sebagai bagian dari rangkaian kegiatan yang menggerakkan peserta didik menuju tujuan. Pertanyaannya bukan “media apa yang akan saya tampilkan”, melainkan “pada momen mana dalam pembelajaran, media ini akan membantu peserta didik melakukan apa”. Pergeseran pertanyaan ini kecil di permukaan, tetapi besar dampaknya: ia memindahkan fokus dari media sebagai objek yang ditampilkan ke media sebagai sarana yang digunakan peserta didik untuk berpikir.

Penempatan ini berkaitan erat dengan tujuan pembelajaran. Media untuk membangkitkan rasa ingin tahu di awal pembelajaran berbeda penempatannya dari media untuk menguji pemahaman di akhir; media untuk konfrontasi miskonsepsi diletakkan pada momen yang berbeda dari media untuk latihan keterampilan. Merancang penempatan ini adalah inti dari integrasi media, dan ia menuntut pemikiran yang sama cermatnya dengan merancang medianya sendiri.

B. Model Blended Learning

Salah satu kerangka yang paling berpengaruh untuk memadukan media adalah blended learning, yakni perpaduan antara pembelajaran tatap muka dan pembelajaran daring. Gagasannya bukan sekadar memindahkan sebagian pembelajaran ke jaringan, melainkan menata ulang pembelajaran sehingga tiap

moda, tatap muka dan daring, mengerjakan apa yang paling baik dilakukannya. Pembelajaran daring unggul untuk penyampaian informasi yang dapat diakses kapan saja dan diulang sesuai kebutuhan; pembelajaran tatap muka unggul untuk interaksi, diskusi, dan bimbingan langsung.

Dalam pembelajaran fisika, blended learning membuka kemungkinan yang menarik. Materi yang bersifat penyampaian, penjelasan konsep dasar, demonstrasi yang dapat direkam, dapat dipindahkan ke moda daring, sehingga waktu tatap muka yang berharga dapat dipusatkan pada hal yang menuntut kehadiran: berdiskusi tentang konsep yang sulit, melakukan eksperimen bersama, atau memecahkan persoalan secara kolaboratif. Media berperan sebagai penghubung kedua moda ini, simulasi dan video yang diakses sebelum kelas menjadi bekal bagi kegiatan tatap muka yang lebih mendalam.

C. Model Flipped Classroom

Berkembang dari gagasan blended learning, model kelas terbalik (flipped classroom) membalik susunan tradisional pembelajaran. Dalam pola konvensional, penyampaian materi terjadi di kelas dan latihan dikerjakan di rumah; dalam model terbalik, penyampaian materi dipindahkan ke luar kelas, melalui video, bacaan, atau simulasi yang diakses peserta didik secara mandiri, sehingga waktu kelas dapat dipergunakan untuk kegiatan yang lebih aktif, seperti diskusi, latihan terbimbing, dan pemecahan masalah.

Bukti penelitian atas model ini cukup meyakinkan. Sebuah meta-analisis komprehensif atas hampir dua ratus studi menemukan bahwa kelas terbalik memberikan pengaruh positif yang tergolong sedang terhadap capaian belajar peserta didik, dan, yang penting, manfaat ini berlaku lintas disiplin dan jenjang pendidikan (Strelan, Osborn, & Palmer, 2020). Meta-analisis lain bahkan menemukan pengaruh yang lebih besar terhadap capaian akademik sekaligus terhadap retensi pengetahuan dan sikap terhadap mata pelajaran (Tutal & Yazar, 2021).

Namun temuan yang paling penting dari penelitian itu bukanlah angka efeknya, melainkan penjelasan tentang mengapa model ini berhasil. Analisis terhadap faktor-faktor penentu menyimpulkan bahwa kunci keberhasilan kelas terbalik bukanlah pemindahan materi ke video itu sendiri, melainkan kesempatan untuk pembelajaran aktif yang terstruktur pada waktu kelas (Strelan, Osborn, & Palmer, 2020). Ini adalah pelajaran yang dalam: yang memberi dampak bukanlah teknologinya, melainkan cara waktu belajar ditata. Sebuah kelas terbalik yang waktu tatap mukanya tetap diisi ceramah pasif tidak akan memetik manfaatnya, betapapun canggih video yang ditontonkan di luar kelas.

Bagi pembelajaran fisika, implikasinya jelas. Memindahkan penjelasan konsep ke video yang ditonton di rumah hanya bermanfaat jika waktu kelas yang terbebaskan itu kemudian diisi dengan kegiatan yang menuntut keterlibatan aktif, menganalisis hasil eksperimen, memperdebatkan dugaan, atau memecahkan persoalan bersama. Media berperan sebagai pembuka jalan, tetapi pembelajaran aktiflah yang menjadi tujuannya.

D. Menempatkan Sistem Pengelolaan Pembelajaran pada Porsinya

Untuk menopang integrasi media, terutama dalam model blended dan flipped, diperlukan sarana untuk mengelola dan menyalurkan media kepada peserta didik. Di sinilah sistem pengelolaan pembelajaran, atau learning management system, berperan. Sistem semacam ini menyediakan ruang untuk menempatkan materi, mengatur urutan kegiatan, mengumpulkan tugas, dan memantau keterlibatan peserta didik.

Penting untuk menempatkan sistem ini pada porsinya yang tepat. Buku ini sengaja tidak membahas cara mengoperasikan sistem tertentu, sebab antarmuka dan fiturnya berubah-ubah dan beragam dari satu institusi ke institusi lain. Yang perlu dipahami adalah perannya secara konseptual: sistem pengelolaan pembelajaran adalah wadah dan penyalur, bukan penentu kualitas pembelajaran. Sebuah sistem yang canggih tidak menjamin

pembelajaran yang baik, sebagaimana sebuah lemari yang rapi tidak menjamin isi yang bermutu. Nilai sistem ini sepenuhnya bergantung pada kualitas media yang ditempatkan di dalamnya dan ketepatan skenario pembelajaran yang dirancang menggunakannya.

Dengan kata lain, sistem pengelolaan pembelajaran melayani strategi integrasi, bukan menggantikannya. Pendidik yang menguasai seluk-beluk teknis sebuah sistem namun tidak memahami cara memadukan media ke dalam skenario pembelajaran akan menghasilkan kelas daring yang sekadar menjadi tempat penyimpanan berkas. Sebaliknya, pendidik yang memahami strategi integrasi dapat memanfaatkan sistem apa pun, sekarang atau di masa depan, untuk menopang pembelajaran yang bermakna.

E. Prinsip yang Menyatukan

Benang merah dari seluruh pembahasan ini adalah satu prinsip sederhana: media dan teknologi penyalurnya adalah sarana, sedangkan pembelajaran aktif yang bermakna adalah tujuannya. Baik penempatan media dalam skenario, model blended dan flipped, maupun penggunaan sistem pengelolaan pembelajaran, semuanya hanya berharga sejauh ia mendorong peserta didik untuk terlibat aktif dalam berpikir. Begitu prinsip ini dipegang, beragam model dan sarana integrasi tidak lagi membingungkan, sebab semuanya dapat dinilai dengan pertanyaan yang sama: apakah ini membuat peserta didik lebih aktif berpikir, atau justru membuat mereka lebih pasif?

Prinsip ini pula yang menjadikan pembahasan bab ini tahan terhadap perubahan. Model pembelajaran boleh berganti nama dan sistem pengelolaan boleh berganti rupa, tetapi pertanyaan tentang keterlibatan aktif peserta didik akan selalu relevan. Seorang pendidik yang berpegang pada prinsip ini dapat memadukan media ke dalam pembelajaran dengan bijak, apa pun model dan sarana yang tersedia di zamannya.

F. Penutup

Memiliki media yang baik tidaklah cukup; media harus dipadukan ke dalam pembelajaran agar benar-benar berdampak. Integrasi yang bermakna menempatkan media sebagai bagian tak terpisahkan dari skenario pembelajaran sejak perencanaan, bukan sebagai tambahan yang ditempelkan. Model blended learning menata ulang pembelajaran agar tiap moda mengerjakan apa yang terbaik baginya, sementara model kelas terbalik membebaskan waktu kelas untuk pembelajaran aktif, yang justru menjadi kunci keberhasilannya, sebagaimana ditunjukkan bukti penelitian. Sistem pengelolaan pembelajaran berperan sebagai wadah dan penyalur, bukan penentu mutu. Yang menyatukan semuanya adalah prinsip bahwa media dan teknologi adalah sarana, sedangkan keterlibatan aktif peserta didik dalam berpikir adalah tujuannya. Dengan media yang telah dikembangkan dan dipadukan secara tepat, tinggal satu pertanyaan penting yang tersisa: bagaimana kita menilai apakah media itu benar-benar bermutu dan efektif? Pertanyaan inilah yang menjadi pokok bahasan bab berikutnya.

INDONESIA

www.penerbitkbm.com

Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

13.

EVALUASI KUALITAS DAN EFEKTIVITAS MEDIA

Bagaimana kita tahu bahwa sebuah media pembelajaran benar-benar baik? Pertanyaan ini sederhana, tetapi jawabannya menentukan segalanya. Tanpa cara yang jelas untuk menilai mutu, kita hanya dapat mengandalkan kesan, dan kesan kerap menipu. Sebuah media yang terlihat menarik bisa jadi membingungkan; sebuah media yang sederhana bisa jadi sangat efektif. Bab ini membahas bagaimana menilai media secara sah: bukan dengan menebak, melainkan dengan kriteria dan bukti.

Evaluasi media bukan sekadar tahap akhir yang dilewati untuk formalitas. Ia adalah penjaga mutu yang menentukan apakah media layak digunakan, dan ia juga merupakan sumber masukan untuk penyempurnaan, sebagaimana telah kita lihat pada kerangka pengembangan di Bab 11. Bab ini menelusuri tiga kriteria mutu yang telah lama menjadi pegangan, kesahihan, kepraktisan, dan keefektifan, serta cara menilai masing-masing, sebelum diakhiri dengan catatan tentang kriteria yang tahan terhadap perubahan zaman.

A. Tiga Kriteria Mutu Media

Dalam penelitian dan pengembangan media pembelajaran, telah lama dikenal sebuah kerangka mutu yang menyebut tiga kriteria yang saling melengkapi: kesahihan (validity), kepraktisan (practicality), dan keefektifan (effectiveness). Kerangka ini berangkat dari gagasan bahwa produk pembelajaran yang bermutu tinggi harus memenuhi ketiga kriteria tersebut secara berurutan, ia harus sah secara rancangan, praktis dalam penggunaan, dan efektif dalam hasilnya (Nieveen, 1999). Memahami ketiga kriteria ini memberi kita kerangka yang tertib untuk menilai media apa pun.

Yang penting dipahami adalah bahwa ketiga kriteria ini bersifat berjenjang. Sebuah media yang tidak sah, misalnya memuat kekeliruan konsep fisika, tidak ada gunanya dinilai kepraktisan atau keefektifannya, sebab ia cacat sejak awal. Demikian pula, media yang sah tetapi tidak praktis tidak akan sampai pada tahap pembuktian efektivitas, karena tidak akan terpakai. Urutan ini mencerminkan logika yang sehat: pastikan benar dulu, lalu pastikan dapat dipakai, baru buktikan berhasil.

B. Kesahihan: Apakah Media Ini Benar dan Tepat?

Kriteria pertama, kesahihan, menanyakan apakah media disusun berdasarkan pengetahuan yang tepat dan apakah seluruh komponennya terjalin secara konsisten. Dalam praktik, kesahihan media dinilai melalui penilaian para ahli. Setidaknya ada dua jenis keahlian yang diperlukan. Ahli materi menilai ketepatan isi: apakah konsep fisika yang disajikan benar, apakah tidak ada miskonsepsi yang justru ditanamkan, apakah kedalamannya sesuai dengan jenjang peserta didik. Ahli media menilai mutu rancangan: apakah tata letaknya jelas, apakah prinsip desain pesan diterapkan, apakah media mudah dinavigasi.

Pemisahan dua jenis keahlian ini penting. Sebuah media bisa saja indah secara rancangan tetapi keliru secara konsep, atau sebaliknya, benar secara konsep tetapi buruk secara penyajian. Hanya dengan menggabungkan kedua penilaian itulah kesahihan media dapat dipastikan secara menyeluruh. Penilaian ahli biasanya

dilakukan dengan lembar validasi yang memuat butir-butir penilaian terukur, sehingga hasilnya tidak sekadar kesan, melainkan dapat ditelusuri dan diperbandingkan.

C. Kepraktisan: Apakah Media Ini Dapat Digunakan?

Kriteria kedua, kepraktisan, menanyakan apakah media dapat digunakan dengan mudah dan lancar dalam keadaan nyata. Sebuah media yang sah secara rancangan belum tentu praktis di lapangan, ia mungkin menuntut perangkat yang tidak tersedia, terlalu rumit untuk dioperasikan, atau memakan waktu yang tidak sebanding dengan manfaatnya. Kepraktisan menjembatani jarak antara rancangan yang ideal dan kenyataan penggunaan.

Kepraktisan dinilai dari dua sisi. Dari sisi penilaian, ahli dan praktisi menimbang apakah media secara wajar dapat diterapkan. Dari sisi penggunaan nyata, kepraktisan diukur melalui tanggapan pengguna, pendidik dan peserta didik, yang benar-benar memakainya, biasa dijangkau melalui angket atau pengamatan. Salah satu aspek kepraktisan yang khusus penting bagi media pembelajaran adalah keterbacaan: apakah teks, gambar, dan petunjuk dalam media dapat dipahami dengan mudah oleh peserta didik yang dituju. Media yang keterbacaannya rendah, betapapun benar isinya, akan tersendat dalam penggunaan.

D. Keefektifan: Apakah Media Ini Berhasil?

Kriteria ketiga, keefektifan, adalah ujian yang paling menentukan: apakah media benar-benar menghasilkan pembelajaran yang diharapkan? Sebuah media yang sah dan praktis tetap belum tentu efektif jika tidak terbukti meningkatkan pemahaman atau keterampilan peserta didik. Keefektifan menggeser penilaian dari sifat media itu sendiri ke dampaknya pada peserta didik.

Keefektifan lazim diukur melalui perubahan hasil belajar, misalnya dengan membandingkan pemahaman peserta didik sebelum dan sesudah menggunakan media, atau dengan membandingkan kelompok yang menggunakan media terhadap

kelompok yang tidak. Selain hasil belajar kognitif, keefektifan juga dapat dilihat dari peningkatan aktivitas belajar dan tanggapan positif peserta didik. Penting untuk dicatat bahwa bukti keefektifan tidak boleh hanya bersandar pada kesan subjektif; ia menuntut data yang dikumpulkan secara sistematis.

Bukti dari penelitian skala besar memberikan keyakinan bahwa media yang dirancang dengan baik memang dapat efektif. Tinjauan menyeluruh atas puluhan meta-analisis menyimpulkan bahwa media multimedia yang dirancang dengan baik memberikan keuntungan belajar yang nyata, terutama untuk materi yang bersifat prosedural dan konseptual (Noetel dkk., 2022). Namun yang perlu digarisbawahi dari temuan itu adalah syaratnya: keuntungan itu mensyaratkan rancangan yang baik. Keefektifan bukanlah sifat bawaan media, melainkan hasil dari rancangan yang cermat, yang justru menegaskan pentingnya seluruh prinsip yang dibahas dalam buku ini.

E. Ringkasan Kriteria dan Cara Menilainya

Untuk memudahkan, ketiga kriteria mutu beserta pertanyaan inti dan cara penilaiannya dapat dirangkum dalam tabel berikut. Tabel ini dapat menjadi panduan ringkas ketika seorang pendidik hendak menilai mutu sebuah media, baik media buatan sendiri maupun media yang akan dipilih dari sumber lain.

Tabel 13.1 Ringkasan kriteria mutu media dan cara menilainya.

Kriteria	Pertanyaan Inti	Cara Menilai
Kesahihan	Apakah isinya benar dan rancangannya tepat serta konsisten?	Penilaian ahli materi (ketepatan konsep) dan ahli media (mutu rancangan) melalui lembar validasi.
Kepraktisan	Apakah media dapat digunakan dengan mudah dalam keadaan nyata?	Penilaian praktisi serta tanggapan pengguna melalui angket dan pengamatan;

Kriteria	Pertanyaan Inti	Cara Menilai
		mencakup keterbacaan.
Keefektifan	Apakah media menghasilkan pembelajaran yang diharapkan?	Perubahan hasil belajar (uji sebelum–sesudah atau perbandingan kelompok), aktivitas, dan respons.

F. Kriteria yang Tahan Zaman

Sebagaimana seluruh buku ini, perlu ditegaskan bahwa ketiga kriteria mutu ini bersifat tahan zaman karena ia tidak terikat pada teknologi tertentu. Apakah yang dinilai adalah poster cetak, simulasi layar, atau lingkungan realitas maya yang belum kita kenal sekarang, pertanyaan intinya tetap sama: apakah ia benar, apakah ia dapat digunakan, dan apakah ia berhasil? Seorang pendidik yang menguasai ketiga kriteria ini dapat menilai mutu media apa pun yang muncul di masa depan, tanpa perlu menunggu lahirnya panduan baru.

Ada satu peringatan yang perlu diingat dalam menilai keefektifan, terutama untuk teknologi baru yang memukau. Penelitian tentang laboratorium virtual, misalnya, mengingatkan bahwa banyak studi cenderung hanya menyoroti perubahan pengetahuan secara sempit dan kurang menyentuh dimensi pengalaman belajar yang lebih luas (Reeves & Crippen, 2021). Peringatan ini berlaku umum: dalam menilai keefektifan, kita perlu berhati-hati agar tidak terpukau oleh kebaruan dan tetap menuntut bukti yang sah atas dampak pembelajaran yang sesungguhnya. Antusiasme bukan pengganti bukti.

G. Penutup

Menilai mutu media menuntut lebih dari sekadar kesan; ia menuntut kriteria yang jelas dan bukti yang sah. Tiga kriteria yang saling berjenjang, kesahihan, kepraktisan, dan keefektifan, memberikan kerangka yang tertib: pastikan media benar dan tepat

melalui penilaian ahli, pastikan ia dapat digunakan melalui uji kepraktisan dan keterbacaan, lalu buktikan ia berhasil melalui pengukuran dampaknya pada pembelajaran. Bukti penelitian menegaskan bahwa media yang dirancang dengan baik memang efektif, tetapi keefektifan itu mensyaratkan rancangan yang cermat, bukan sifat bawaan teknologi. Karena ketiga kriteria ini bertumpu pada pertanyaan mendasar dan bukan pada teknologi tertentu, ia akan tetap berlaku apa pun bentuk media di masa depan. Dengan kemampuan menilai mutu inilah lengkap sudah kerangka pengembangan dan penilaian media. Namun masih ada satu hal yang menjadikan seorang pendidik benar-benar siap menghadapi masa depan: kemampuan menyikapi teknologi yang terus berubah, pokok bahasan yang akan menutup buku ini.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BAB

14.

LITERASI TEKNOLOGI DAN ADAPTABILITAS

Sebuah buku tentang teknologi media pembelajaran menghadapi sebuah paradoks sejak halaman pertamanya. Teknologi yang dibahasnya akan berubah, sebagian bahkan akan usang sebelum buku ini selesai dicetak. Maka jika buku ini hanya mengajarkan teknologi tertentu, ia telah gagal sejak awal. Bab penutup ini menghadapi paradoks itu secara langsung, dengan mengajukan pertanyaan yang menjadi inti seluruh buku: apa yang harus dimiliki seorang pendidik agar tetap mampu memanfaatkan teknologi untuk pembelajaran, betapapun teknologi itu berubah?

Jawaban yang ditawarkan buku ini sederhana untuk dinyatakan namun menuntut untuk dijalankan: yang dibutuhkan bukanlah penguasaan atas teknologi yang ada, melainkan literasi teknologi dan adaptabilitas, kemampuan menilai, memilih, dan memanfaatkan teknologi apa pun secara bijak, termasuk teknologi yang belum lahir. Inilah “kail” yang sejak awal menjadi tujuan buku ini, dan bab ini bertugas menempanya menjadi utuh. Sebagai penutup, bab ini juga akan merajut kembali seluruh benang merah yang telah kita bentangkan, dari konsep dasar hingga evaluasi, menjadi satu kerangka berpikir yang menyatu.

A. Mengapa Penguasaan Teknologi Tidak Pernah Cukup

Ada godaan yang lazim menimpa pendidik di tengah arus teknologi: keyakinan bahwa menjadi pendidik yang baik di era digital berarti menguasai sebanyak mungkin aplikasi dan perangkat terbaru. Keyakinan ini, meski tampak masuk akal, mengandung kekeliruan mendasar. Penguasaan teknis atas sebuah aplikasi memiliki dua kelemahan yang tak terhindarkan: ia cepat usang, dan ia tidak dengan sendirinya menghasilkan pembelajaran yang baik.

Kelemahan pertama telah berulang kali kita singgung. Aplikasi yang dikuasai dengan susah payah hari ini dapat ditinggalkan beberapa tahun lagi, memaksa pendidik mengulang proses belajar dari awal. Kelemahan kedua lebih halus tetapi lebih penting: menguasai cara mengoperasikan sebuah perangkat sama sekali tidak menjamin kemampuan menggunakannya untuk membelajarkan. Seorang yang fasih mengoperasikan perangkat lunak presentasi tercanggih sekalipun dapat menghasilkan pembelajaran yang membosankan dan tidak efektif, jika ia tidak memahami prinsip desain pesan, sifat konsep yang diajarkan, dan kebutuhan peserta didiknya.

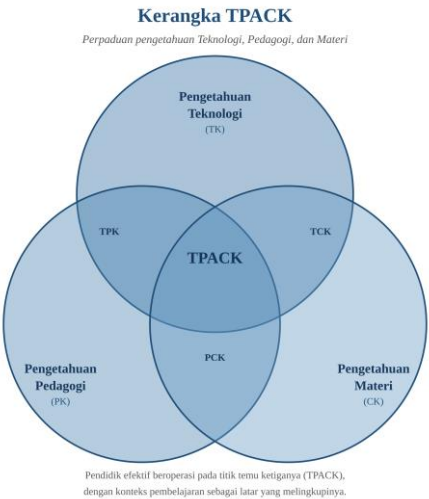
Penelitian tentang pengetahuan guru menegaskan hal ini secara meyakinkan. Kerangka yang dikenal sebagai Technological Pedagogical Content Knowledge, atau TPACK, menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi yang bijak dalam pembelajaran menuntut bukan sekadar pengetahuan teknologi yang berdiri sendiri, melainkan suatu bentuk pengetahuan yang kompleks dan terjalin, perpaduan antara pengetahuan teknologi, pedagogi, dan materi yang saling berinteraksi (Mishra & Koehler, 2006). Dengan kata lain, teknologi tidak pernah berdiri sendiri; ia hanya bermakna ketika berpadu dengan pemahaman tentang bagaimana mengajar dan apa yang diajarkan.

B. Tiga Pengetahuan yang Harus Berpadu

Kerangka TPACK layak ditelaah lebih dalam, sebab ia memberikan dasar teoretis bagi seluruh pesan buku ini. Kerangka ini membedakan tiga bentuk pengetahuan dasar yang harus dimiliki

seorang pendidik. Pertama, pengetahuan materi, dalam konteks kita, penguasaan atas fisika itu sendiri, termasuk konsep-konsepnya yang abstrak dan miskonsepsi yang menyertainya. Kedua, pengetahuan pedagogi, pemahaman tentang bagaimana manusia belajar dan bagaimana membelajarkan, termasuk prinsip beban kognitif dan desain pesan yang telah kita bahas. Ketiga, pengetahuan teknologi, pemahaman tentang perangkat dan kemampuannya.

Inti dari kerangka ini bukanlah ketiga pengetahuan itu secara terpisah, melainkan perpaduannya. Pendidik yang efektif beroperasi pada titik temu ketiganya: ia memilih teknologi (pengetahuan teknologi) yang tepat untuk mengajarkan konsep fisika tertentu (pengetahuan materi) dengan cara yang sesuai dengan bagaimana peserta didik belajar (pengetahuan pedagogi). Sebuah keputusan media yang baik selalu merupakan perpaduan ketiganya sekaligus; melepaskan salah satunya akan meruntuhkan keseluruhan. Inilah sebabnya penguasaan teknologi semata, satu lingkaran yang terlepas dari dua lingkaran lain, tidak pernah cukup.



Gambar 14.1 Kerangka TPACK: perpaduan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan materi.

Penelitian terkini bahkan memperluas kerangka ini dengan menekankan pentingnya dimensi konteks: pengetahuan tentang lingkungan tempat pembelajaran berlangsung, peserta didik, institusi, budaya, dan keterbatasan yang nyata, turut menentukan keputusan teknologi yang tepat (Brianza, Schmid, Tondeur, & Petko, 2022). Bagi pendidik di Indonesia, dengan keragaman kondisi dan keterbatasan sumber daya yang nyata, dimensi konteks ini bukan sekadar tambahan teoretis, melainkan pertimbangan yang sangat praktis. Teknologi yang unggul di atas kertas dapat menjadi tidak relevan jika mengabaikan konteks tempat ia akan digunakan.

C. Anatomi Literasi Teknologi bagi Pendidik Fisika

Bertolak dari pemahaman bahwa teknologi harus berpadu dengan pedagogi dan materi, kita dapat merumuskan apa sesungguhnya yang dimaksud dengan literasi teknologi bagi seorang pendidik fisika. Literasi ini bukanlah daftar keterampilan teknis, melainkan seperangkat kemampuan menalar yang memungkinkan pendidik menghadapi teknologi apa pun dengan jernih. Setidaknya ada empat lapisan yang membentuknya.

Lapisan pertama adalah kemampuan memahami apa yang dilakukan sebuah teknologi pada tataran fungsi, bukan merek. Sebagaimana dibahas pada Bab 10, pendidik yang berpikir dalam kategori fungsi, apakah ini perangkat simulasi, analisis, atau authoring, dapat berpindah antar-perangkat tanpa kehilangan arah. Lapisan kedua adalah kemampuan menilai nilai pedagogis teknologi, yakni menanyakan apa yang dimungkinkannya bagi pembelajaran yang sulit dicapai tanpanya, kemampuan yang telah kita kembangkan pada Bab 9. Lapisan ketiga adalah kemampuan mencocokkan teknologi dengan sifat konsep dan kebutuhan peserta didik, sebagaimana kerangka pemetaan pada Bab 6. Dan lapisan keempat adalah kemampuan menilai mutu dan keterbatasan secara kritis, termasuk menahan diri dari keterpukauan, sebagaimana ditegaskan pada Bab 13.

Keempat lapisan ini, jika diperhatikan, sesungguhnya adalah rangkuman dari seluruh isi buku ini. Literasi teknologi bukanlah bab tambahan yang berdiri sendiri; ia adalah hasil dari penguasaan atas

seluruh prinsip yang telah dibangun bab demi bab. Seorang pendidik yang telah menginternalisasi prinsip-prinsip itu, dengan sendirinya, telah memiliki literasi teknologi yang dibutuhkannya.

D. Protokol Menilai Teknologi yang Belum Dikenal

Nilai sesungguhnya dari literasi teknologi diuji ketika seorang pendidik berhadapan dengan teknologi yang sama sekali baru, sesuatu yang belum ada ketika ia menyelesaikan pendidikannya, atau bahkan ketika buku ini ditulis. Dalam situasi itu, tidak ada tutorial yang dapat diandalkan, tidak ada panduan yang tersedia. Yang tersisa hanyalah kerangka berpikir. Untuk itu, kita dapat merumuskan sebuah protokol penilaian yang menyatukan seluruh kerangka buku ini ke dalam serangkaian pertanyaan yang dapat diterapkan pada teknologi apa pun.

Protokol ini disusun sebagai urutan pertanyaan yang sebaiknya diajukan secara berjenjang. Pertanyaan yang lebih awal bersifat lebih mendasar; jika sebuah teknologi gugur pada pertanyaan awal, tidak banyak gunanya melanjutkan ke pertanyaan berikutnya. Tabel berikut menyajikan protokol tersebut secara ringkas.

Tabel 14.1 Protokol tujuh pertanyaan untuk menilai teknologi baru.

No.	Pertanyaan	Apa yang Diuji
1	Apa fungsi dasarnya?	Mengenali kategori fungsi teknologi, lepas dari mereknya, agar dapat dibandingkan dengan yang telah ada.
2	Apa nilai pedagogisnya?	Menimbang apa yang dimungkinkannya bagi pembelajaran yang sulit atau mustahil dicapai tanpanya.
3	Sifat konsep apa yang dilayaninya?	Mencocokkan kemampuannya dengan sifat konsep fisika,

No.	Pertanyaan	Apa yang Diuji
		abstrak, dinamis, mikroskopik, atau relasional.
4	Bagaimana beban kognitifnya?	Menilai apakah ia memperjelas atau justru membebani memori kerja dengan kemewahan tak esensial.
5	Apakah sesuai konteks saya?	Mempertimbangkan keterjangkauan, akses, dan kesesuaian dengan peserta didik serta institusi yang nyata.
6	Apa keterbatasan dan risikonya?	Mengenali apa yang hilang atau berisiko, dan apakah hal itu dapat diatasi secara wajar.
7	Bagaimana membuktikan keberhasilannya?	Merancang cara menilai dampaknya pada pembelajaran secara sah, bukan sekadar mengandalkan kesan.

Protokol tujuh pertanyaan ini bukanlah formula yang kaku, melainkan kerangka penalaran yang menuntun. Perhatikan bahwa tidak satu pun pertanyaan menyebut teknologi tertentu; semuanya bertumpu pada prinsip. Seorang pendidik yang membiasakan diri menapaki ketujuh pertanyaan ini akan mampu menilai teknologi masa depan dengan ketenangan yang sama seperti menilai teknologi yang sudah dikenalnya. Ia tidak akan tergagap menghadapi yang baru, sebab ia tidak menilai dari kebaruannya, melainkan dari kesesuaiannya dengan prinsip yang tetap.

E. Adaptabilitas sebagai Sikap, Bukan Sekadar Keterampilan

Literasi teknologi yang telah diuraikan akan mandul tanpa disertai adaptabilitas, kesediaan dan kelenturan untuk terus belajar dan menyesuaikan diri. Adaptabilitas bukanlah keterampilan teknis,

melainkan sikap. Ia mencakup keterbukaan terhadap yang baru tanpa terbawa arus, kesediaan meninggalkan kebiasaan lama ketika ada yang lebih baik, sekaligus keteguhan untuk tidak gegabah meninggalkan yang sudah terbukti hanya karena ada yang lebih baru.

Keseimbangan inilah yang menjadi inti adaptabilitas yang sehat. Di satu sisi terdapat bahaya kekakuan, pendidik yang menolak segala yang baru dan terjebak pada cara lama meski zaman telah berubah. Di sisi lain terdapat bahaya yang berlawanan, pendidik yang mengejar setiap teknologi terbaru tanpa pertimbangan, terus-menerus berganti tanpa pernah mendalami. Adaptabilitas yang sehat berdiri di antara keduanya: ia menyambut yang baru dengan tangan terbuka tetapi mata yang kritis, dan menilai segala sesuatu dengan kerangka prinsip yang telah dibangun, bukan dengan suasana hati atau tekanan tren.

Bagi pendidik fisika, sikap ini memiliki makna yang khusus. Fisika mengajarkan kita untuk menuntut bukti sebelum percaya, untuk menguji dugaan terhadap kenyataan, dan untuk bersikap terbuka namun skeptis. Sikap ilmiah yang sama persis inilah yang dibutuhkan dalam menyikapi teknologi pembelajaran. Seorang pendidik fisika yang baik, dengan demikian, memiliki keuntungan alamiah: ia hanya perlu menerapkan cara berpikir ilmiah yang sudah dikuasainya ke ranah teknologi pembelajaran.

F. Merajut Kembali: Satu Prinsip yang Menyatukan Buku Ini

Setelah menempuh empat belas bab, ada baiknya kita berhenti sejenak untuk melihat keseluruhan. Buku ini berangkat dari konsep dasar media, menelaah klasifikasi dan prinsip desain, membahas model pengembangan, lalu memusatkan perhatian pada media bagi fisika, dan akhirnya pada kerangka pengembangan dan penilaian. Di permukaan, ini tampak seperti rangkaian topik yang beragam. Namun di bawahnya, mengalir satu prinsip tunggal yang menyatukan seluruhnya.

Prinsip itu adalah: teknologi adalah sarana, pembelajaran adalah tujuan, dan yang menjembatani keduanya adalah penalaran yang berprinsip, bukan penguasaan yang teknis. Setiap bab buku ini, dengan caranya masing-masing, adalah penjabaran dari prinsip ini. Ketika kita membahas pemilihan media, kita menalar dari tujuan ke sarana. Ketika kita membahas desain pesan, kita menundukkan kemewahan teknologi pada keterbatasan kognisi manusia. Ketika kita membahas teknologi yang sedang berkembang, kita menilainya dari nilai pedagogisnya, bukan kecanggihannya. Dan ketika kita membahas evaluasi, kita menuntut bukti dampak pembelajaran, bukan kesan kebaruan.

Inilah sebabnya buku ini, sejak awal, memilih untuk memberi kail alih-alih ikan. Ikan, pengetahuan tentang aplikasi tertentu, akan habis dimakan zaman. Kail, kemampuan menalar secara berprinsip, akan terus menghidupi seorang pendidik sepanjang kariernya, melintasi setiap pergantian teknologi yang akan ia saksikan. Seorang pembaca yang menutup buku ini diharapkan tidak membawa pulang daftar aplikasi yang harus dikuasai, melainkan cara berpikir yang akan tetap relevan ketika daftar aplikasi apa pun telah lama usang.

www.penerbitkbm.com

Dilarang keras, mencetak naskah

G. Penutup: Pendidik di Hadapan Masa Depan

Masa depan teknologi pembelajaran tidak dapat diramalkan. Akan muncul perangkat, format, dan kemungkinan yang hari ini belum terbayangkan, sebagaimana satu generasi lalu tidak terbayangkan simulasi interaktif yang kini lazim. Menghadapi ketidakpastian itu, seorang pendidik memiliki dua pilihan sikap. Ia dapat merasa cemas, terus-menerus berkejaran dengan teknologi yang tak pernah berhenti berubah, selalu merasa tertinggal. Atau ia dapat merasa tenang, berbekal kerangka berpikir yang memungkinkannya menilai dan memanfaatkan apa pun yang datang.

Buku ini ditulis untuk menumbuhkan sikap yang kedua. Literasi teknologi dan adaptabilitas yang dibahas dalam bab penutup ini bukanlah kemampuan untuk mengetahui segalanya, melainkan kemampuan untuk menghadapi apa pun dengan jernih.

Seorang pendidik fisika yang memilikinya tidak perlu takut pada teknologi yang belum ia kenal, sebab ia tahu pertanyaan-pertanyaan yang harus diajukan, dan ia tahu bahwa di balik setiap teknologi baru, tujuannya tetap sama: membantu peserta didik memahami alam yang indah dan rumit ini dengan lebih baik.

Dengan itulah buku ini ditutup, bukan dengan daftar perkakas yang akan usang, melainkan dengan keyakinan bahwa seorang pendidik yang berpegang pada prinsip akan selalu menemukan jalannya. Teknologi akan terus berubah; tetapi tujuan pendidikan, dan penalaran yang berprinsip untuk mencapainya, akan tetap. Di situlah letak ketenangan, dan di situlah letak keberlanjutan profesi seorang pendidik di hadapan masa depan yang tak henti berubah.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



LAMPIRAN

Bagian ini memuat empat instrumen yang menopang penilaian mutu media sebagaimana dibahas pada Bab 13. Ketiga kriteria mutu yang diuraikan di sana, yakni kesahihan, kepraktisan, dan keefektifan, menuntut alat ukur yang tertata agar penilaian tidak berhenti pada kesan. Lampiran 1 dan 2 melayani kriteria kesahihan melalui penilaian ahli materi dan ahli media; Lampiran 3 melayani kriteria kepraktisan melalui tanggapan pengguna; sedangkan Lampiran 4 memuat panduan penskoran dan penafsiran, termasuk cara sederhana untuk membuktikan keefektifan.

Perlu ditegaskan bahwa keempat instrumen ini bersifat contoh yang dapat disesuaikan, bukan format baku yang harus diikuti kata demi kata. Butir-butirnya sengaja dirumuskan pada tataran prinsip, bukan pada ciri teknologi tertentu, sehingga tetap dapat dipakai ketika bentuk mediana berubah. Seorang pengembang dianjurkan menambah, mengurangi, atau merumuskan ulang butir sesuai dengan sifat media yang dikembangkannya, sejauh perubahan itu tetap berpijak pada prinsip yang dibahas dalam buku ini.

Lampiran 1 Lembar Validasi Ahli Materi

Instrumen ini dinilai oleh ahli yang menguasai materi fisika yang diajarkan. Fokusnya adalah ketepatan isi, bukan mutu tampilan. Penilaian menggunakan skala empat: 1 (tidak baik), 2 (kurang baik), 3 (baik), dan 4 (sangat baik).

Judul media	
Materi / pokok bahasan	
Sasaran pengguna	
Nama validator	
Bidang keahlian	
Tanggal penilaian	

Tabel L1.1 Butir penilaian ahli materi.

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
A. Kebenaran dan Kedalaman Konsep					
1	Konsep fisika yang disajikan benar secara keilmuan dan bebas dari kekeliruan.				
2	Media tidak berpotensi menanamkan miskonsepsi yang lazim pada materi tersebut.				
3	Istilah, lambang, satuan, dan notasi ditulis secara tepat dan konsisten.				
4	Kedalaman materi sesuai dengan jenjang dan kesiapan peserta didik yang dituju.				
5	Keluasan materi memadai untuk mencapai tujuan				

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
	pembelajaran yang ditetapkan.				
B. Kesesuaian dengan Tujuan Pembelajaran					
6	Isi media selaras dengan capaian pembelajaran yang hendak dicapai.				
7	Urutan penyajian materi tersusun secara logis dan bertahap.				
8	Contoh dan penerapan yang disajikan relevan dengan pengalaman peserta didik.				
9	Bentuk representasi yang dipilih sesuai dengan sifat konsep yang diajarkan.				
10	Media memberi ruang bagi peserta didik untuk menguji dugaan atau bereksplorasi.				
C. Kemutakhiran dan Kebahasaan					
11	Data, contoh, dan rujukan yang digunakan masih mutakhir dan sahih.				

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
12	Bahasa yang digunakan lugas, baku, dan mudah dipahami.				
13	Kalimat tidak bermakna ganda dan tidak menimbulkan penafsiran keliru.				
14	Penyajian bebas dari unsur yang menyinggung suku, agama, ras, dan golongan.				
15	Sumber gambar, data, dan kutipan dicantumkan secara jelas.				

Kesimpulan penilaian (lingkari salah satu): (a) layak digunakan tanpa revisi; (b) layak digunakan dengan revisi; (c) belum layak digunakan. Catatan dan saran perbaikan dituliskan pada lembar terpisah yang menjadi bagian tak terpisahkan dari penilaian ini.

Lampiran 2 Lembar Validasi Ahli Media

Instrumen ini dinilai oleh ahli yang menguasai perancangan media dan desain pesan. Fokusnya adalah mutu rancangan, bukan ketepatan isi fisiknya. Skala penilaian yang digunakan sama dengan Lampiran 1. Butir-butir pada bagian C secara khusus menurunkan prinsip-prinsip multimedia yang dibahas pada Bab 3 menjadi pernyataan yang dapat diamati.

Judul media	
Bentuk media	
Sasaran pengguna	
Nama validator	
Bidang keahlian	
Tanggal penilaian	

Tabel L2.1 Butir penilaian ahli media.

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
A. Desain Pesan dan Tata Letak					
1	Tampilan memuat hanya unsur yang benar-benar diperlukan (kesederhanaan).				
2	Unsur-unsur yang berkaitan disusun sebagai satu kesatuan (keterpaduan).				
3	Penataan ruang seimbang dan tidak memberatkan salah satu sisi.				
4	Penanda visual mengarahkan perhatian ke bagian yang penting.				
5	Ruang kosong dimanfaatkan untuk memberi jeda visual, bukan diisi hiasan.				
B. Tipografi, Warna, dan Keterbacaan					
6	Jenis dan ukuran huruf terbaca dengan nyaman pada media tampil yang dituju.				
7	Kontras antara teks dan latar memadai.				
8	Penggunaan warna konsisten dan tidak berlebihan.				
9	Gambar, grafik, dan diagram tersaji tajam serta proporsional.				
C. Penerapan Prinsip Multimedia					
10	Unsur hiasan yang tidak relevan disingkirkan (prinsip koherensi).				

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
11	Kata dan gambar yang berkaitan diletakkan berdekatan (kontiguitas ruang).				
12	Penjelasan lisan dan tampilan visual muncul bersamaan (kontiguitas waktu).				
13	Teks layar tidak mengulang narasi lisan secara kata demi kata (redundansi).				
14	Materi yang rumit dipecah menjadi bagian yang dapat dikendalikan pemelajar (segmentasi).				
D. Interaktivitas dan Mutu Teknis					
15	Petunjuk penggunaan tersedia dan mudah diikuti.				
16	Navigasi jelas, konsisten, dan tidak membingungkan.				
17	Umpan balik atas tindakan pengguna tersedia dan bermakna.				
18	Media berjalan stabil tanpa gangguan teknis yang mengganggu.				

Kesimpulan penilaian (lingkari salah satu): (a) layak digunakan tanpa revisi; (b) layak digunakan dengan revisi; (c) belum layak digunakan. Saran perbaikan yang bersifat rinci dituliskan pada lembar terpisah.

Lampiran 3 Angket Kepraktisan Pengguna

Kepraktisan dinilai dari dua sisi, yakni dari sisi pendidik yang menjalankan pembelajaran dan dari sisi peserta didik yang menggunakannya. Karena itu instrumen ini terdiri dari dua bagian dengan sasaran responden yang berbeda. Skala yang digunakan adalah 1 (tidak setuju), 2 (kurang setuju), 3 (setuju), dan 4 (sangat setuju).

Tabel L3.1 Angket kepraktisan untuk pendidik.

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
1	Media mudah disiapkan dan dijalankan dalam kondisi kelas yang sebenarnya.				
2	Waktu yang dibutuhkan sebanding dengan manfaat yang diperoleh.				
3	Media dapat dijalankan dengan sarana yang tersedia di sekolah atau kampus.				
4	Petunjuk penggunaan membantu pendidik tanpa memerlukan pelatihan khusus.				
5	Media mudah dipadukan ke dalam skenario pembelajaran yang telah dirancang.				
6	Media dapat digunakan berulang untuk kelas atau rombongan belajar yang berbeda.				

Bagian kedua ditujukan kepada peserta didik. Butir-butirnya sengaja dirumuskan dalam kalimat orang pertama dan dengan bahasa yang sederhana, agar dapat dipahami tanpa penjelasan tambahan. Butir kedua dan ketiga secara khusus menyentuh aspek keterbacaan, yang sebagaimana ditegaskan pada Bab 13 merupakan bagian penting dari kepraktisan sebuah media pembelajaran.

Tabel L3.2 Angket kepraktisan untuk peserta didik.

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
1	Saya dapat menggunakan media ini tanpa mengalami kesulitan berarti.				
2	Tulisan, gambar, dan lambang dalam media terbaca dengan jelas.				
3	Petunjuk di dalam media mudah saya pahami.				
4	Media ini membantu saya memahami materi yang sedang dipelajari.				

No	Butir Penilaian	1	2	3	4
5	Saya dapat mengulang bagian yang belum saya pahami.				
6	Saya merasa terdorong untuk mencoba sendiri bagian yang dapat diubah-ubah.				
7	Waktu yang tersedia cukup untuk menggunakan media ini.				
8	Saya bersedia menggunakan media serupa pada materi yang lain.				

Selain butir tertutup di atas, dianjurkan menyertakan dua pertanyaan terbuka: bagian mana dari media ini yang paling membantu, dan bagian mana yang masih membingungkan. Jawaban atas dua pertanyaan itu kerap memberi petunjuk perbaikan yang lebih tajam daripada angka rerata mana pun.

Lampiran 4 Panduan Penskoran dan Penafsiran

Data dari ketiga instrumen sebelumnya perlu diolah agar dapat ditafsirkan secara tertib. Cara yang paling lazim adalah menghitung persentase capaian, yakni jumlah skor yang diperoleh dibagi jumlah skor maksimum, lalu dikalikan seratus. Pada instrumen dengan skala empat, skor maksimum adalah empat dikalikan banyaknya butir dan banyaknya penilai.

Tabel L4.1 Penafsiran persentase capaian untuk kesahihan dan kepraktisan.

Persentase Capaian	Kualifikasi	Tindak Lanjut
81% sampai 100%	Sangat valid / sangat praktis	Dapat digunakan tanpa revisi.
61% sampai 80%	Valid / praktis	Dapat digunakan dengan revisi kecil.

Persentase Capaian	Kualifikasi	Tindak Lanjut
41% sampai 60%	Cukup valid/cukup praktis	Perlu revisi pada bagian yang lemah.
21% sampai 40%	Kurang valid/kurang praktis	Perlu revisi menyeluruh.
0% sampai 20%	Tidak valid/tidak praktis	Tidak dapat digunakan, perlu dirancang ulang.

Perlu diingat bahwa angka persentase hanya bermakna bila disertai catatan kualitatif dari penilai. Sebuah media dapat memperoleh persentase tinggi namun tetap memuat satu kekeliruan konsep yang fatal, dan kekeliruan semacam itu tidak akan tampak pada rerata. Karena itu, kesimpulan kelayakan sebaiknya tidak pernah ditarik dari angka semata.

Bagi pengembang yang menuntut ketelitian lebih, kesepakatan antar penilai dapat dihitung dengan indeks V dari Aiken (Aiken, 1985). Indeks ini dirumuskan sebagai jumlah selisih antara skor yang diberikan dan skor terendah, dibagi hasil kali banyaknya penilai dengan selisih antara skor tertinggi dan skor terendah. Nilai V berkisar antara nol sampai satu, dan butir dengan nilai V yang rendah menandakan bahwa para penilai belum sepakat, sehingga butir tersebut layak ditinjau ulang.

Untuk kriteria keefektifan, ukuran yang lazim dipakai adalah peningkatan ternormalisasi atau N-gain, yakni selisih antara skor sesudah dan skor sebelum pembelajaran, dibagi selisih antara skor maksimum dan skor sebelum pembelajaran. Ukuran ini dipilih karena memperhitungkan ruang peningkatan yang masih tersedia bagi tiap peserta didik, sehingga lebih adil daripada sekadar membandingkan selisih mentah.

Tabel L4.2 Penafsiran peningkatan ternormalisasi untuk keefektifan, Sumber: Hake (1998).

Nilai N-gain	Kategori	Makna
$g \geq 0,70$	Tinggi	Peningkatan pemahaman tergolong besar.
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang	Peningkatan pemahaman tergolong cukup.
$g < 0,30$	Rendah	Peningkatan pemahaman tergolong kecil.

Satu peringatan penutup perlu disampaikan, sejalan dengan yang ditegaskan pada Bab 13. Bukti keefektifan yang bertumpu hanya pada peningkatan skor menyisakan gambaran yang sempit. Perubahan minat, keterlibatan, keterampilan proses sains, dan kemampuan berpikir reflektif merupakan capaian yang juga berharga, dan pada sebagian ranah fisika justru lebih relevan. Instrumen pada lampiran ini karenanya sebaiknya dipandang sebagai titik awal yang dilengkapi sesuai maksud penilaian, bukan sebagai ukuran tunggal atas mutu sebuah media.

RBM
INDONESIA
www.penerbitkbm.com

Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



GLOSARIUM

Daftar istilah teknis yang digunakan dalam buku ini, disusun menurut abjad untuk memudahkan penelusuran.

ADDIE. Model pengembangan generik lima tahap (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) yang dapat dipakai untuk mengembangkan hampir semua jenis produk pembelajaran secara sistematis dan berulang.

Adaptabilitas. Sikap dan kelenturan untuk terus belajar serta menyesuaikan diri terhadap teknologi baru, dengan tetap menimbangnya secara kritis menggunakan kerangka prinsip yang tetap.

Analisis video gerak. Kategori media yang mengubah rekaman video suatu gerakan menjadi data posisi terhadap waktu, sehingga gerak yang berlangsung sekejap dapat ditelaah sebagai grafik dan angka.

ASSURE. Model perencanaan pembelajaran berbasis media di kelas yang terdiri dari enam langkah, berpusat pada peserta didik dan keterlibatan aktifnya.

Authoring multimedia. Kategori perangkat yang berfungsi merangkai beragam unsur (teks, gambar, suara, animasi) menjadi satu sajian media yang utuh.

Beban kognitif (cognitive load). Banyaknya tuntutan pemrosesan yang dibebankan pada memori kerja saat belajar; dibedakan antara beban yang melekat pada materi dan beban yang ditimbulkan oleh cara penyajian.

Behaviorisme. Aliran teori belajar yang memandang belajar sebagai perubahan perilaku teramati akibat stimulus dan respons yang diperkuat melalui umpan balik.

Blended learning. Perpaduan antara pembelajaran tatap muka dan pembelajaran daring, ditata agar tiap moda mengerjakan apa yang paling baik dilakukannya.

Borg & Gall. Model penelitian pengembangan yang rinci dengan langkah-langkah dapat mencapai sepuluh tahap, lazim dipakai untuk penelitian berskala besar.

Dualisme gelombang partikel. Sifat objek kuantum yang menampakkan ciri gelombang pada satu keadaan dan ciri partikel pada keadaan lain, sehingga tidak dapat diwakili secara utuh oleh satu analogi klasik.

Flipped classroom (kelas terbalik). Model pembelajaran yang memindahkan penyampaian materi ke luar kelas sehingga waktu tatap muka dapat digunakan untuk pembelajaran aktif yang terstruktur.

Gamifikasi. Penerapan unsur-unsur permainan (seperti poin, lencana, dan tantangan bertingkat) ke dalam konteks pembelajaran untuk meningkatkan keterlibatan dan motivasi.

Internet untuk Segala (IoT). Jaringan perangkat yang saling terhubung dan bertukar data, memungkinkan pengumpulan data otomatis dan pemantauan eksperimen dari jauh.

Keefektifan (effectiveness). Kriteria mutu yang menanyakan apakah media benar-benar menghasilkan pembelajaran yang diharapkan, lazim diukur melalui perubahan hasil belajar.

Kepraktisan (practicality). Kriteria mutu yang menanyakan apakah media dapat digunakan dengan mudah dan lancar dalam keadaan nyata, termasuk aspek keterbacaan.

Kerucut Pengalaman (Cone of Experience). Kerangka Edgar Dale yang menyusun ragam pengalaman belajar dari yang paling konkret hingga yang paling abstrak sebagai dasar pemilihan jenis pengalaman.

Kesahihan (validity). Kriteria mutu yang menanyakan apakah media disusun berdasarkan pengetahuan yang tepat dan komponennya terjalin konsisten, dinilai melalui validasi ahli.

Keterampilan proses sains. Kemampuan ilmiah seperti mengamati, mengukur, merumuskan dugaan, mengendalikan variabel, menafsirkan data, dan menarik kesimpulan.

Kognitivisme. Aliran teori belajar yang memusatkan perhatian pada proses mental internal: bagaimana informasi diterima, diolah dalam memori kerja, dan disimpan.

Konstruktivisme. Aliran teori belajar yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui interaksi dan pengalaman yang bermakna.

Laboratorium berbasis sensor. Pendekatan eksperimen yang memperkaya eksperimen nyata dengan kemampuan pengukuran cermat melalui sensor, termasuk yang tertanam dalam telepon pintar.

Laboratorium jarak jauh (remote lab). Pendekatan yang memungkinkan peserta didik mengendalikan peralatan fisik sesungguhnya dari jarak jauh melalui jaringan, sehingga datanya tetap data nyata.

Laboratorium virtual. Lingkungan eksperimen yang sepenuhnya disimulasikan melalui perangkat lunak, unggul dalam keamanan, keterjangkauan, dan kemampuan menampilkan yang tak tampak.

Literasi teknologi. Seperangkat kemampuan menalar yang memungkinkan pendidik menilai, memilih, dan memanfaatkan teknologi apa pun secara bijak, termasuk teknologi yang belum dikenal.

Media pembelajaran. Segala sesuatu yang menyalurkan pesan pembelajaran dari pengirim kepada penerima sehingga merangsang pikiran, perhatian, dan minat peserta didik untuk belajar.

Miskonsepsi. Pemahaman yang keliru namun tampak masuk akal, yang dibawa peserta didik dari pengalaman sehari-hari dan cenderung bertahan meski telah diajarkan konsep yang benar.

Modalitas. Saluran indra yang dilibatkan sebuah media (visual, audio, atau audio-visual); efek modalitas menunjukkan manfaat memadukan saluran secara seimbang.

Model 4D. Model pengembangan empat tahap (Define, Design, Develop, Disseminate) dengan penekanan kuat pada validasi ahli dan uji coba sebelum penyebaran.

Model rantai energi. Representasi sistem termodinamika yang menggambarkan perpindahan dan perubahan bentuk energi sebagai rangkaian, dipakai untuk menjembatani gejala teramati dengan ungkapan matematisnya.

Multiple representations (representasi jamak). Penggunaan beragam bentuk representasi (grafik, simbol, diagram, kata) secara terkoordinasi karena tidak ada satu representasi yang menangkap seluruh dimensi konsep.

Prinsip multimedia Mayer. Seperangkat prinsip perancangan pembelajaran berbasis kata dan gambar yang diturunkan dari teori kognitif, seperti koherensi, isyarat, kontiguitas, dan segmentasi.

Prototipe. Versi awal sederhana dari sebuah media yang dibangun untuk diuji secara cepat dan murah sebelum produk lengkap dikembangkan.

Realitas maya (virtual reality). Teknologi yang membenamkan pengguna sepenuhnya ke dalam lingkungan buatan tiga dimensi.

Realitas tertambah (augmented reality). Teknologi yang menumpangkan objek digital ke atas dunia nyata, berguna menampilkan konsep abstrak dalam ruang tiga dimensi.

Simulasi. Kategori media yang menghadirkan model fenomena fisis yang dapat dimanipulasi peserta didik dengan mengubah variabel dan mengamati akibatnya.

Sistem pengelolaan pembelajaran (LMS). Sarana untuk menempatkan, mengatur, dan menyalurkan media serta kegiatan pembelajaran; berperan sebagai wadah dan penyalur, bukan penentu mutu.

TPACK. Technological Pedagogical Content Knowledge; kerangka yang menyatakan bahwa pemanfaatan teknologi yang bijak menuntut perpaduan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan materi.

Visualisasi matematis. Kategori perangkat yang memvisualkan persamaan dan fungsi menjadi grafik serta bentuk geometris yang dapat dimanipulasi secara langsung.



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131-143. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Bali, C., Tasdelen, B., Bandi, S., & Zsidó, A. N. (2026). Understanding the cognitive cost of multimedia learning: Effects of visual load and language proficiency. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 11(1), Artikel 2. <https://doi.org/10.1186/s41235-025-00699-2>
- Brianza, E., Schmid, M., Tondeur, J., & Petko, D. (2022). Situating TPACK: A systematic literature review of context as a domain of knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 22(4), 707-753.
- Cavanagh, T. M., & Kiersch, C. (2022). Using commonly-available technologies to create online multimedia lessons through the application of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Technology Research and Development*, 70(6), 1033-1053. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10181-1>
- Çeken, B., & Taşkın, N. (2022). Multimedia learning principles in different learning environments: A systematic review. *Smart Learning Environments*, 9(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00200-2>
- Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental

- studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Dale, E. (1969). *Audiovisual methods in teaching* (3rd ed.). Holt, Rinehart and Winston.
- Dwitiyanti, N., Kumala, S. A., & Widiyatun, F. (2020). Using the ADDIE model in development of physics unit conversion application based on Android as learning media. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 10(2), 125–132. <https://doi.org/10.30998/formatif.v10i2.5933>
- Firdaus, T., & Sinensis, A. R. (2017). Video analisis untuk kemampuan menganalisis dan memecahkan masalah materi kinematika pada calon guru fisika. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(2). <https://doi.org/10.26877/jp2f.v8i2.1721>
- Hahn, L., & Klein, P. (2023). The impact of multiple representations on students' understanding of vector field concepts: Implementation of simulations and sketching activities into lecture-based recitations in undergraduate physics. *Frontiers in Psychology*, 13, 1012787. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1012787>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hennig, F., Tóth, K., Förster, M., & Bitzenbauer, P. (2024). A new teaching-learning sequence to promote secondary school students' learning of quantum physics using Dirac notation. *Physics Education*, 59(4), 045007. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad353d>
- Kotsis, K. T. (2023). Alternative ideas about concepts of physics are a timelessly valuable tool for physics education. *Eurasian Journal of Science and Environmental Education*, 3(2), 83–97. <https://doi.org/10.30935/ejsee/13776>
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & van Joolingen, W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in

- secondary and lower undergraduate education. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010109>
- Li, J., & Liang, W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PLOS ONE*, 19(12), e0316269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
- Lin, Y., Wang, X., & Hou, J. (2023). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31(4), 1111–1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- Listiaji, P., Darmawan, M. S., Daeni, F., & Karmuji. (2020). Comparison between the use of acceleration sensor and video tracker on smartphone for spring oscillation experiment. *Physics Education*, 56(1), 013001. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb88b>
- Mansur, H., & Utama, A. H. (2021). The evaluation of appropriate selection learning media at junior high school. *Indonesian Journal of Instructional Media and Model*, 3(1), 17–25. <https://doi.org/10.32585/ijimm.v3i1.1401>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Mei, B., May, L., Heap, R., Ellis, D., Tickner, S., Thornley, J., Denton, J., & Durham, R. (2021). Rapid development studio: An intensive, iterative approach to designing online learning. *SAGE Open*, 11(3), 1–9. <https://doi.org/10.1177/21582440211047574>
- Meli, K., & Koliopoulos, D. (2019). Model-based simulation design for the students' conceptual understanding of introductory thermodynamics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1287(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1287/1/012054>

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Munfaridah, N., Avraamidou, L., & Goedhart, M. (2021). The use of multiple representations in undergraduate physics education: What do we know and where do we go from here? *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(1), em1934. <https://doi.org/10.29333/ejmste/9577>
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to reach product quality. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 125–135). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4255-7_10
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Harris, N. R., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2022). Multimedia design for learning: An overview of reviews with meta-meta-analysis. *Review of Educational Research*, 92(3), 413–454. <https://doi.org/10.3102/00346543211052329>
- Nurlaili, L., Firdaus, T., & Rohman, F. (2022). Mengembangkan alat eksperimen tumbukan berbasis induksi magnet dengan Audacity. *U-Teach: Journal Education of Young Physics Teacher*, 3(1), 21–27. <https://doi.org/10.30599/uteach.v3i1.72>
- Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2020). Cognitive-load theory: Methods to manage working memory load in the learning of complex tasks. *Current Directions in Psychological Science*, 29(4), 394–398. <https://doi.org/10.1177/0963721420922183>
- Rahmawati, S., Firdaus, T., & Mardova, L. (2025). Pengembangan media pembelajaran berbasis Android pada materi suhu dan kalor untuk meningkatkan minat belajar siswa kelas XI. *U-Teach: Journal Education of Young Physics Teacher*, 6(2), 151–161. <https://doi.org/10.30599/t97g1886>

- Reeves, S. M., & Crippen, K. J. (2021). Virtual laboratories in undergraduate science and engineering courses: A systematic review, 2009–2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 16–30. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09866-0>
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Septianti, R., & Firdaus, T. (2024). Development of website-based interactive learning media using Google Sites on sound wave material. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE)*, 3(1), 25–36. <https://doi.org/10.30762/ijise.v3i1.2631>
- Sinensis, A. R., & Firdaus, T. (2023). Reflective thinking profile of physics teacher prospective students through nuclear physics learning using virtual laboratory. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE)*, 2(2), 81–90. <https://doi.org/10.30762/ijise.v2i2.1282>
- Spatioti, A. G., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A comparative study of the ADDIE instructional design model in distance education. *Information*, 13(9), 402. <https://doi.org/10.3390/info13090402>
- Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Indiana University.

- Tutal, Ö., & Yazar, T. (2021). Flipped classroom improves academic achievement, learning retention and attitude towards course: A meta-analysis. *Asia Pacific Education Review*, 22(4), 655–673. <https://doi.org/10.1007/s12564-021-09706-9>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- Zhang, Y., Wang, P., Jia, W., Zhang, A., & Chen, G. (2025). Dynamic visualization by GeoGebra for mathematics learning: A meta-analysis of 20 years of research. *Journal of Research on Technology in Education*, 57(2), 437–458. <https://doi.org/10.1080/15391523.2023.2250886>



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit



BIOGRAFI PENULIS

Dr. Thoha Firdaus, M.Pd.Si.

Thoha Firdaus adalah dosen Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Nurul Huda. Lahir di Ogan Komering Ulu Timur, Sumatera Selatan, ia menekuni bidang Pendidikan Fisika dengan konsentrasi pada pengembangan media pembelajaran dan teknologi media pembelajaran fisika, tema yang menjadi landasan buku ini.

Pendidikan tingginya ditempuh secara berjenjang dalam rumpun pendidikan sains. Ia menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) Pendidikan Fisika pada tahun 2012 dan Magister (S2) Pendidikan Fisika pada tahun 2015, keduanya di Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Gelar Doktor (S3) diraihnya dalam bidang Pendidikan IPA dengan konsentrasi Fisika dari Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, pada tahun 2021.

Fokus risetnya mencakup laboratorium virtual (virtual laboratory), media pembelajaran fisika, analisis video gerak (video analysis), serta penguatan literasi sains di sekolah maupun perguruan tinggi. Sejumlah karyanya terindeks pada basis data ilmiah nasional dan internasional, dengan rekam jejak publikasi yang dapat ditelusuri melalui berbagai pangkalan data akademik.

Di samping kiprah akademiknya, penulis aktif dalam berbagai peran kelembagaan dan editorial. Ia pernah menjabat sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Fisika (2015–2016) dan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Nurul Huda (2017–2021). Sejak 2017 ia menjadi Ketua Dewan Redaksi Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah (JIPFRI), dan sejak 2021

mengemban amanah sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nurul Huda.

Selain mengajar dan meneliti, penulis menekuni pengembangan konten edukasi melalui blog dan video, serta menaruh minat pada desain, pengembangan web, dan pemanfaatan teknologi untuk pendidikan. Pada tahun 2026 ia mendirikan PT Sangu Ilmu Cendekia sebagai wadah pengembangan ekosistem sains dan pendidikan. Semangat menjembatani sains dengan kelas, laboratorium, dan kehidupan sehari-hari itulah yang mengalir dalam setiap halaman buku ini.

Tautan dan Identitas Akademik

Laman pribadi: <https://thoha.my.id>

ORCID: 0000-0002-1570-0144

Scopus Author ID: 56766236300

SINTA ID: 108589

Google Scholar: fHON6FUAAAAJ



Dilarang keras, mencetak naskah
hasil layout ini tanpa seijin Penerbit

TEKNOLOGI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA

Buku Teknologi Media Pembelajaran Fisika ini lahir dari sebuah keprihatinan sekaligus harapan. Keprihatinan, karena begitu banyak buku tentang media pembelajaran yang cepat usang, terikat pada aplikasi tertentu yang berganti dalam hitungan tahun. Harapan, karena penulis meyakini bahwa ada cara lain untuk menulis tentang teknologi pembelajaran: dengan menekankan prinsip yang tahan zaman, bukan perkakas yang sementara.

Buku ini ditulis dengan satu prinsip yang menjadi ruhnya: teknologi adalah sarana, pembelajaran adalah tujuan, dan yang menjembatani keduanya adalah penalaran yang berprinsip. Alih-alih membekali pembaca dengan tutorial penggunaan aplikasi yang pasti akan ketinggalan zaman, buku ini berusaha membekali pembaca dengan kerangka berpikir untuk menilai, memilih, dan memanfaatkan teknologi apa pun, termasuk teknologi yang belum lahir saat buku ini ditulis. Inilah yang penulis maksud dengan “memberi kail, bukan ikan”.



PENERBIT KBM INDONESIA
Anggota IKAPI
0813 5751 7526 / (0353) 3234874
Kantor : Maguwoharjo, Depok, Sleman-Yogyakarta
@penerbitbukujogja
@penerbit.kbm

ISBN 978-634-278-673-4

