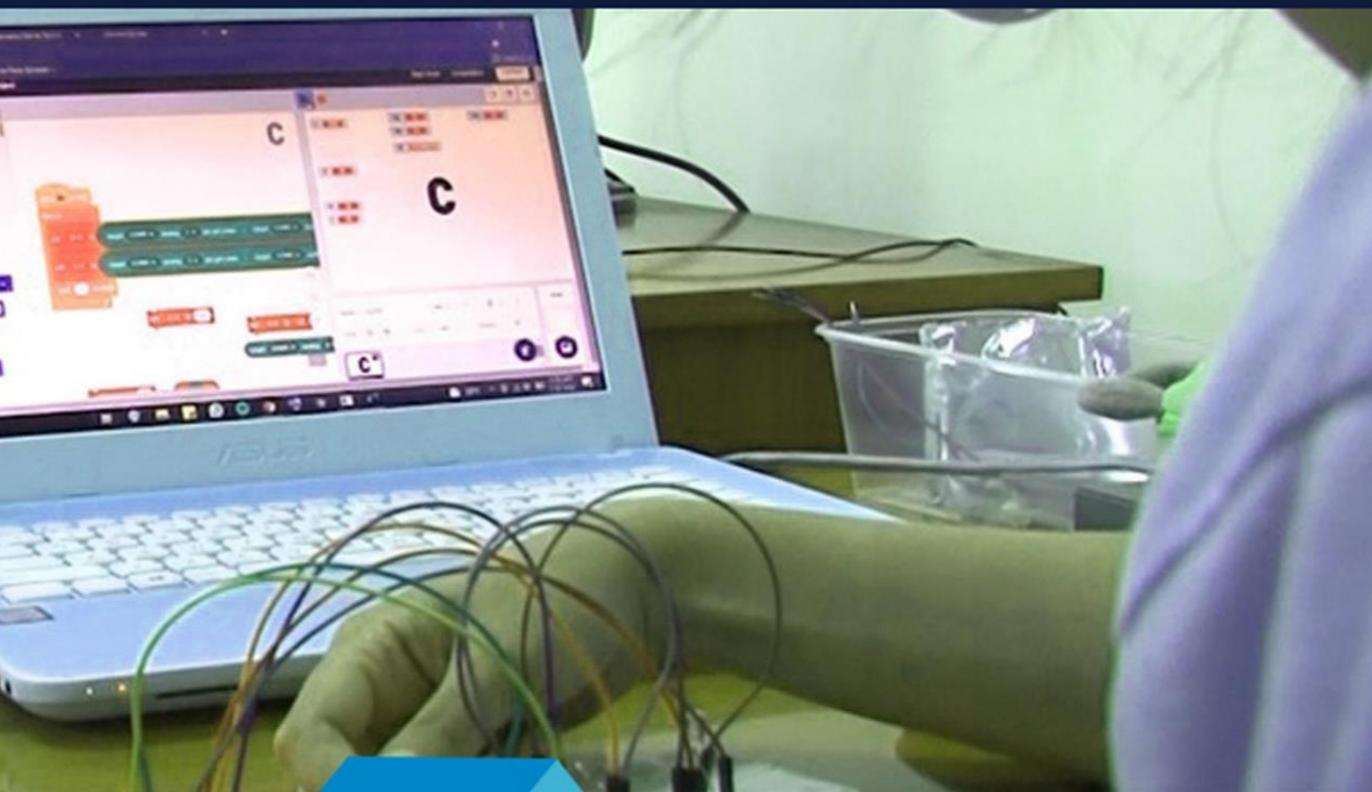


Elisabeth Pratidhina
Heru Kuswanto
Dadan Rosana



PEMBELAJARAN ONLINE FISIKA

BERBASIS PEMODELAN

PEMBELAJARAN ONLINE FISIKA BERBASIS PEMODELAN

Elisabeth Pratidhina

Heru Kuswanto

Dadan Rosana



Cipta Media Nusantara
2022

PEMBELAJARAN ONLINE FISIKA BERBASIS PEMODELAN

Penulis : Elisabeth Pratidhina
: Heru Kuswanto
: Dadan Rosana

Editor : Maharani Dewi

Layout : Maharani Dewi

Cover : Nabilx

Diterbitkan dan Dicitak Oleh:

Cipta Media Nusantara (CMN), 2022

Anggota IKAPI: 270/JTI/2021

Alamat : Jl. Jemurwonosari 1/39, Wonocolo, Surabaya

Email : contact@ciptapublishing.id

Web : www.ciptapublishing.id

ISBN : 978-623-5647-74-6

viii + 90 Halaman, 15,5 cm x 23 cm

Terbit Pertama Juni 2022

Isi Tanggung Jawab Penulis

© All Rights Reserved

Ketentuan Pidana Pasal 112-119

Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan karunia yang diberikan kepada kami para penulis sehingga dapat menyusun dan menyelesaikan Buku berjudul “**Model Pembelajaran Online Fisika Berbasis Pemodelan**” sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Pembelajaran Online Fisika Berbasis Pemodelan merupakan suatu terobosan model pembelajaran yang dikembangkan untuk mengoptimalkan pembelajaran online fisika di perguruan tinggi. Model ini menstimulus mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional (*computational thinking skills*) melalui serangkaian proses pemodelan seperti yang biasa dilakukan oleh para fisikawan. Selain itu, implementasi model ini juga diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa (*student engagement*) dalam perkuliahan online.

Buku ini membahas tentang latar belakang pengembangan model, teori yang mendasari model, dan deskripsi model. Selain itu, pada bab terakhir, terdapat pula contoh implementasi model pada pembelajaran fisika dengan materi arus listrik searah. Buku ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi dosen yang hendak mengimplementasikan Pembelajaran Online Fisika Berbasis Pemodelan.

Akhir kata, penulis menyadari adanya banyak keterbatasan pada buku ini. Oleh sebab itu, penulis sangat terbuka menerima masukan dari para pembaca.

Yogyakarta, Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1. RASIONALITAS PEMBELAJARAN ONLINE FISIKA BERBASIS PEMODELAN	1
BAB 2. TEORI PENDUKUNG MODEL.....	9
A. Konstruktivisme	9
B. Teori Experiential Learning	14
C. Pemodelan dalam Pembelajaran Fiska	18
BAB 3. KETERAMPILAN BERPIKIR KOMPUTASIONAL	25
BAB 4. KETERLIBATAN SISWA (STUDENTS’ ENGAGEMENT)	33
BAB 5. DESKRIPSI MODEL PEMBELAJARAN ONLINE FISIKA BERBASIS PEMODELAN	39
A. Tujuan Model	39
B. Dukungan Teoritis	39
C. Komponen Model.....	41
1. Sintaks Model	41
2. Sistem sosial.....	48
3. Prinsip Reaksi	49
4. Sistem Pendukung.....	50
5. Dampak Model.....	52

D. Lingkungan Belajar yang Mendukung Tercapainya Tujuan	55
BAB 6. CONTOH RENCANA IMPLEMENTASI MODEL	59
DAFTAR PUSTAKA	77
PROFIL PENULIS	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Teori Experiential Learning Menurut Lewinian (Beard & Wilson, 2013).....	16
Gambar 2. 2 Teori Experiential Learning Menurut Dewey (D. A. Kolb, 2015).....	16
Gambar 2. 3 Teori Experiential Learning Menurut Kolb (A. Y. Kolb & Kolb, 2017).....	17
Gambar 5. 1 Langkah Pembelajaran dengan Pembelajaran Online Fisika Berbasis Pemodelan	42
Gambar 5. 2 Learning Management System	51
Gambar 5. 3 Perangkat kit eksperimen berbasis Arduino	51
Gambar 5. 4 Aplikasi Block-based programming ‘Common- Coding’ digunakan untuk memprogram Arduino	52
Gambar 5.5 Dampak Model Pembelajaran.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perkembangan Definisi Model dalam Fisika	18
Tabel 3. 1 Aspek Berpikir Komputasional Menurut Beberapa Sumber Hasil Penelitian	26
Tabel 3. 2 Definisi Setiap Aspek Berpikir Komputasional	31
Tabel 4. 1 Dimensi Keterlibatan Siswa	35
Tabel 4. 2 Indikator Aspek Keterlibatan Mahasiswa	37
Tabel 5. 1 Dukungan Teoritis Model Pembelajaran Fisika Online Berbasis Pemodelan	39
Tabel 5. 2 Aktivitas Dosen dan Mahasiswa dalam Model Pembelajaran Online Fisika Berbasis Pemodelan	43
Tabel 5. 3 Keterkaitan fase model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan dengan aspek kemampuan berpikir komputasional dan keterlibatan mahasiswa	45
Tabel 5. 4 Lingkungan Belajar pada Setiap Fase	55
Tabel 6. 1 Contoh Rancangan Implementasi Model pada Materi Arus Listrik dan Rangkaian Arus Searah	59

BAB 1

RASIONALITAS PEMBELAJARAN ONLINE FISIKA BERBASIS PEMODELAN

Transformasi dunia kerja terus terjadi seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat di era revolusi industri 4.0. Hal ini mendorong dunia pendidikan tinggi terus berbenah guna mempersiapkan mahasiswa menghadapi tuntutan pekerjaan di masa mendatang. Salah satu kemampuan yang harus dimiliki oleh mahasiswa adalah kemampuan berpikir komputasional atau *computational thinking*. Di tengah gelombang inovasi digital saat ini, mahasiswa perlu mengembangkan kemampuan berpikir komputasional supaya mereka tidak hanya menjadi konsumen namun juga bisa berkreasi menciptakan inovasi (Gretter & Yadav, 2016).

Istilah kemampuan berpikir komputasional pertama kali diangkat oleh Papert (1980). Wing (2006) memperkenalkan kembali berpikir komputasional sebagai keterampilan pemecahan masalah secara efektif; berpikir komputasional merupakan keterampilan fundamental yang setara dengan kemampuan membaca, menulis, dan aritmatika. Para ahli mendefinisikan berpikir komputasional secara beragam, namun terdapat benang merah tentang definisi berpikir komputasional yaitu proses berpikir untuk memecahkan masalah yang melibatkan proses dekomposisi, abstraksi, algoritmik, evaluasi, dan generalisasi (Selby & Woollard, 2013; Yin et al., 2020). Berpikir komputasional perlu dimasukkan ke dalam elemen keterampilan utama di abad 21 (Grover & Pea, 2018).

Terdapat dua model skenario yang dapat dilakukan untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional pada mahasiswa. Pertama, melatih berpikir komputasional melalui

mata pelajaran/mata kuliah yang khusus membahas komputasi. Kedua, mengintegrasikan berpikir komputasional ke mata pelajaran/mata kuliah yang sudah ada. Integrasi berpikir komputasional ke mata pelajaran yang sudah ada dinilai lebih efektif karena tidak perlu menambah mata pelajaran di sekolah yang sudah banyak (I. Lee et al., 2020).

Komputasi saat ini dapat dianggap menjadi salah satu dari 3 pilar utama dalam bidang sains dan teknik selain teori dan eksperimen (Wing, 2016). Pengetahuan dan keterampilan komputasi menjadi kompetensi dasar dalam bidang *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) (Weintrop et al., 2016). Kemampuan berpikir komputasional sangat diperlukan pada dunia kerja modern, terlebih bagi mereka yang berkarya di bidang STEM. Proses pemecahan masalah dengan metode ilmiah yang dilakukan oleh para ilmuwan juga telah sejalan dengan berpikir komputasional. Oleh sebab itu, berpikir komputasional cocok bila diintegrasikan pada perkuliahan fisika. Integrasi berpikir komputasional pada perkuliahan fisika memerlukan model pembelajaran yang tepat.

Selain memberikan tantangan pada dunia pendidikan, perkembangan teknologi juga berpotensi menghasilkan inovasi di bidang pendidikan. Salah satu dampak teknologi pada pendidikan adalah munculnya pembelajaran online (*online learning*) atau yang juga dikenal dengan *e-learning*. Pembelajaran online memiliki beberapa keunggulan yaitu membuat proses belajar menjadi fleksibel dan mendukung personalisasi pembelajaran (Behera, 2013). Pembelajaran online ini muncul berawal dari konsep pembelajaran jarak jauh yang difasilitasi dengan teknologi komputer dan internet. Dengan akses internet yang semakin terjangkau dan berkembangnya beragam platform komunikasi digital, adanya keterpisahan ruang antara pengajar dan mahasiswa bukan penghalang proses belajar. Fleksibilitas waktu dan tempat pada pembelajaran online mendorong mahasiswa menemukan

lingkungan belajar yang paling optimal untuk dirinya. Diharapkan lingkungan belajar yang optimal dapat merangsang perkembangan keterampilan yang dibutuhkan di abad 21 secara efektif.

Salah satu faktor penting yang berkorelasi positif dengan keberhasilan mahasiswa pada pembelajaran online adalah keterlibatan mahasiswa (*student engagement*) (Hamane, 2014; Soffer & Cohen, 2019). Keterlibatan mahasiswa dapat dimaknai sebagai tingkat usaha, waktu, dan sumber daya yang digunakan untuk mengembangkan hasil dan pengalaman belajar. Aspek keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran meliputi keterlibatan behavioral, kognitif, sosial, dan emosional (M. Wang et al., 2016).

Permasalahan yang banyak dihadapi pada pembelajaran online adalah lemahnya keterlibatan mahasiswa. Studi pada mahasiswa sains dan teknik di Amerika Serikat menunjukkan adanya penurunan signifikan keterlibatan mahasiswa selama pembelajaran online di masa pandemi COVID 19 (Wester et al., 2020). Hasil serupa juga ditunjukkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Perets (2020) pada perkuliahan kimia di Yale University, terdapat dampak negatif pada keterlibatan mahasiswa setelah adanya transisi pembelajaran online pada semester musim semi 2020.

Sebuah survei menunjukkan bahwa transisi ke pembelajaran online berdampak negatif pada keterlibatan mahasiswa yang mengikuti kuliah sains. Dari segi keterlibatan behavioral, partisipasi kelas menurun dari 3,2 menjadi 2,9 (dari skala 5) selama transisi pembelajaran online (Wester et al., 2020). Keterlibatan emosional menurun secara signifikan hingga sikap positif terhadap sains menjadi rendah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada mahasiswa di Malang, keterlibatan kognitif mahasiswa selama pembelajaran online masih belum optimal, padahal keterlibatan kognitif memiliki peranan penting selama proses belajar (Hidayah et al., 2021). Dampak negatif pembelajaran online selama pandemi COVID-19 pada keterlibatan mahasiswa juga tampak pada

penelitian yang dilakukan dengan subyek mahasiswa di Romania, keterlibatan akademik masih berada pada level menengah (58,6%) hingga rendah (22,47%) (Stefenel & Neagos, 2020).

Pada pembelajaran online, secara fisik mahasiswa tidak berada di dalam kelas sehingga keterlibatan cenderung lebih rendah daripada saat pembelajaran tatap muka. Faktor yang dapat meningkatkan rasa memiliki dan kebersamaan di dalam kelas online adalah membangun kehadiran sosial (*sosial presence*) dan interaksi yang intens di dalam kelas online (Farrell & Brunton, 2020). Oleh sebab itu, untuk meningkatkan keterlibatan mahasiswa diperlukan model dan strategi pembelajaran online yang dapat membangun lingkungan belajar kolaboratif dan konstruktif di dalam kelas.

Pembelajaran online fisika memerlukan inovasi agar dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan menstimulus kemampuan berpikir komputasional. Desain pembelajaran yang konstruktif dan kolaboratif dinilai dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan menstimulus kemampuan berpikir komputasional.

Telah ada beberapa penelitian yang mengembangkan model pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir komputasional pada pembelajaran fisika. Yin et al. (2020) mendesain model yang disebut dengan *maker activities* untuk meningkatkan keterampilan berpikir komputasional dalam konteks STEM. *Maker activities* merupakan aktivitas yang mengusung konsep *makerspaces*. *Makerspaces* sendiri adalah ruang dimana orang-orang dapat mendesain dan membuat sesuatu secara independen maupun kolaboratif menggunakan bahan tertentu untuk. Siswa yang mengikuti *maker activities* mengalami peningkatan keterampilan berpikir komputasional yang signifikan (Yin et al., 2020). Akan tetapi, *maker activities* yang dikembangkan oleh Yin ini baru diterapkan sebagai kegiatan ekstrakurikuler di sekolah dan lebih sesuai untuk pembelajaran yang sifatnya deduktif.

Dwyer dkk (2013) mengembangkan strategi pembelajaran yang mengarahkan siswa untuk membuat model fenomena fisika dalam bentuk bahasa pemrograman grafis dan mensimulasikannya. Hutchins et al. (2019) mengintegrasikan STEM dan berpikir komputasional dalam pembelajaran fisika berbasis komputer di sekolah menengah yang diberi nama *Collaborative, Computational STEM (C2STEM)*. Dalam C2STEM, siswa diajak membuat model komputasional dari persamaan gerak suatu partikel. Hasil penelitian awal menunjukkan bahwa C2STEM yang dikembangkan lebih efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep dan praktis fisika serta keterampilan berpikir komputasional jika dibandingkan dengan pembelajaran langsung (Hutchins et al., 2020). Kelemahan model yang disusun oleh Dwyer dan C2STEM adalah belum adanya kesempatan untuk melakukan kegiatan eksplorasi atau eksperimen yang mengarahkan siswa memikirkan struktur konseptual model fisis secara induktif. Model-model pembelajaran aktif yang telah dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasional kebanyakan didesain untuk pembelajaran tatap muka, bukan untuk pembelajaran online atau jarak-jauh (Dwyer et al., 2014).

Alternatif pembelajaran yang memiliki potensi untuk mengembangkan keterampilan berpikir adalah model pembelajaran berbasis pemodelan (*modeling-based learning*). Model dalam sains merupakan representasi obyek fisis beserta perilakunya, yang berfungsi untuk memahami serta memprediksi beberapa aspek dan perilaku suatu fenomena alam. Pemodelan adalah proses menyusun model yang melibatkan beberapa proses sebagai berikut: (a) melakukan observasi sistematis atau mengumpulkan informasi tentang fenomena yang sedang dipelajari, (b) mengonstruksi model dari sebuah fenomena berdasarkan hasil observasi dan pengumpulan informasi, (c) mengevaluasi model berdasarkan patokan berupa kegunaan, kekuatan prediksi, atau kesesuaian

dalam menjelaskan fenomena, (d) merevisi model dan mengaplikasikannya dalam situasi baru (Louca & Zacharia, 2012).

Langkah-langkah pada pemodelan menstimulus proses berpikir dan pemecahan masalah yang erat dengan aspek-aspek berpikir komputasional. Tahap melakukan observasi dan mengumpulkan informasi melatih kemampuan analisis yaitu mendekomposisi sebuah fenomena menjadi beberapa bagian. Selain itu, mahasiswa juga dilatih menalar hubungan antar bagian-bagian sebuah sistem. Tahap mengkonstruksi model melatih kemampuan sintesis, yaitu memastikan model mewakili sistem secara lengkap. Proses pemodelan juga melibatkan abstraksi (Gilbert, J. K., Boulter, 2012). Tahap evaluasi membiasakan mahasiswa untuk melakukan pengujian model, mencoba berbagai kemungkinan, mengidentifikasi masalah yang timbul, dan mencari solusi. Tahap revisi model menstimulus mahasiswa untuk melakukan revisi dan elaborasi pada model yang disusun.

Selain berpotensi menstimulus kemampuan berpikir komputasional, pembelajaran berbasis pemodelan memiliki potensi untuk meningkatkan keterlibatan mahasiswa selama pembelajaran. Rangkaian aktivitas dalam pembelajaran berbasis pemodelan berpotensi mendorong mahasiswa untuk terlibat aktif secara behavioral, kognitif, emosi, maupun sosial selama kegiatan belajar. Kegiatan pemodelan dapat menumbuhkan sikap positif terhadap materi yang dipelajari sehingga mahasiswa lebih terlibat secara akademik maupun emosi. Keterlibatan kognitif juga dapat meningkat karena selama proses pemodelan, mahasiswa distimulus untuk bernalar. Bila pemodelan dilakukan secara kolaboratif, maka aspek keterlibatan sosial juga dapat meningkat. Pembelajaran

pemodelan merupakan pendekatan yang menekankan bahwa proses belajar terjadi melalui konstruksi model oleh siswa/mahasiswa (Constantinou C.P., Nicolaou C.T., 2019; Papaevripidou et al., 2014; Tsivitanidou & Constantinou, 2018).

Dalam pembelajaran berbasis pemodelan, proses belajar muncul dari interaksi antara pengalaman pembelajar dan gagasan pemikiran yang dapat dikomunikasikan ke orang lain melalui konstruksi artifak berupa model. Pembelajaran berbasis pemodelan mengarahkan siswa membangun pemahaman terhadap mekanisme terjadinya fenomena alam (Park, 2016).

Pembelajaran berbasis pemodelan merupakan salah satu bentuk pendekatan pembelajaran sains yang reformatif. Telah banyak kajian tentang implementasi pembelajaran berbasis pemodelan pada fisika. Implementasi pembelajaran berbasis pemodelan di berbagai jenjang pendidikan menunjukkan hasil positif pada pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir mahasiswa. Dalam sebuah penelitian di Amerika Serikat, mahasiswa yang mengikuti perkuliahan fisika dengan pendekatan pemodelan memiliki pemahaman konseptual yang lebih baik dibandingkan dengan mereka yang mengikuti perkuliahan dengan metode *lecturing* (Brewer & Sawtelle, 2018). Selain itu, penerapan pembelajaran berbasis pemodelan juga berpengaruh positif terhadap kemampuan *reasoning* (Stammen et al., 2018). Penerapan pembelajaran fisika berbasis pemodelan juga berhasil meningkatkan sikap ilmiah dan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada mahasiswa jurusan pendidikan fisika (Hadiati et al., 2019). Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis pemodelan pada siswa sekolah menengah dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika secara efektif (Ropika et al., 2019; Sujarwanto & Hidayat, 2014). Widodo dkk (2020) juga mengembangkan model *activity based, lesson learned, reflection* yang memasukan pemodelan matematis pada perkuliahan fisika (Widodo et al., 2020). Namun demikian, efektivitas pembelajaran berbasis pemodelan pada peningkatan kemampuan berpikir komputasional belum banyak dikaji.

Meskipun pembelajaran berbasis pemodelan memiliki banyak keunggulan, penerapannya dalam pembelajaran online masih

memiliki tantangan sehingga belum banyak dikaji. Dalam pembelajaran online fisika, tidak hanya interaksi antar pendidik dan mahasiswa yang terbatas. Namun, akses mahasiswa untuk melakukan observasi dan mengumpulkan informasi melalui eksperimen juga sangat terbatas. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi untuk memfasilitasi eksperimen pada pembelajaran online, salah satunya adalah dengan menggunakan kit eksperimen yang memanfaatkan teknologi Arduino (Pratidhina et al., 2021). Arduino cukup fleksibel diprogram untuk berbagai keperluan eksperimen fisika. Fleksibilitas ini membuat Arduino dapat dipakai untuk merangsang mahasiswa berpikir komputasional melalui berbagai proyek eksperimen yang variatif. Pemrograman Arduino dengan menggunakan *block-based programming language* dapat dikenalkan supaya mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan berpikir algoritmik dan *coding*.

Integrasi pembelajaran berbasis pemodelan pada pembelajaran online fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasional dan keterlibatan mahasiswa memerlukan model pembelajaran yang tepat. Buku ini membahas model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan yang dapat menjadi terobosan bagi pembelajaran online fisika di perguruan tinggi. Model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan akan mengarahkan mahasiswa secara kolaboratif mengembangkan kemampuan abstraksi, dekomposisi, berpikir algoritmik, generalisasi pola, dan evaluasi melalui proses pemodelan yang difasilitasi dengan kit eksperimen berbasis Arduino. Melalui pemodelan kolaboratif, diharapkan keterlibatan behavioral, kognitif, sosial, dan emosi dapat meningkat.

BAB 2.

TEORI PENDUKUNG MODEL

Model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan disusun untuk membangun suasana belajar yang konstruktif dan kolaboratif sehingga dapat menstimulus kemampuan berpikir komputasional dan keterlibatan mahasiswa. Model ini disusun dengan mengacu pada teori pembelajaran yang sudah ada sebelumnya, diantaranya adalah pandangan konstruktivisme, yang mencakup teori kognitif Piaget dan sosiokultural Vigotsky serta teori *experiential learning* yang diusung oleh John Dewey dan Kolb. Selain itu, model juga mengadaptasi proses pemodelan dalam fisika. Pada bab ini akan dibahas masing-masing teori pendukung yaitu konstruktivisme, *experiential learning*, dan pemodelan dalam fisika.

A. Konstruktivisme

Konstruktivisme merupakan teori yang menjelaskan sifat kegiatan belajar (*nature of learning*). Asumsi kunci dari konstruktivisme adalah manusia merupakan pembelajar aktif yang mengembangkan pengetahuan mereka sendiri. Untuk memahami materi dengan baik, pembelajar harus menemukan prinsip dasar (Schunk, 2012). Konstruksi pengetahuan juga dipengaruhi oleh interaksi sosial. Konstruktivisme dapat disebut sebagai bentuk dari pragmatisme karena keduanya memiliki pandangan yang sama tentang pengetahuan dan kebenaran (Glaserfeld, 1998).

Implikasi konstruktivisme pada pembelajaran adalah guru tidak perlu menyampaikan materi secara langsung kepada siswa. Akan tetapi, guru perlu menyusun situasi belajar yang memungkinkan siswa aktif terlibat melalui serangkaian interaksi sosial maupun manipulasi materi. Cara guru menyusun pembelajaran menentukan konstruksi pemahaman siswa. Aktivitas melibatkan

pengamatan, pengumpulan data, menyusun dan menguji hipotesis, serta bekerja secara kolaboratif sangat dianjurkan. Konstruktivisme juga menekankan perlunya integrasi kurikulum dimana siswa belajar sebuah topik melalui berbagai perspektif. Guru dari beberapa disiplin ilmu dapat menyusun kurikulum bersama.

Konstruktivisme bukanlah sebuah pandangan tunggal namun terdapat beberapa jenis perspektif konstruktivisme. Perspektif eksogenus memandang perolehan pengetahuan merepresentasikan rekonstruksi dunia luar. Dunia mempengaruhi keyakinan melalui pengalaman, panutan dan pengajaran. Pengetahuan merefleksikan realitas eksternal. Di sisi lain, dalam perspektif endogenus pengetahuan diturunkan dari pengetahuan lama yang telah diperoleh dan tidak berkaitan langsung dengan interaksi lingkungan. Pengetahuan bukanlah cerminan dunia luar, namun berkembang melalui abstraksi kognitif. Sementara itu, dalam perspektif dialektikal, pengetahuan diturunkan dari interaksi orang dengan lingkungan (Benton, 1997) . Konstruksi tidak sepenuhnya selalu berkaitan dengan dunia luar maupun abstraksi pikiran internal. Sebaliknya, pengetahuan mencerminkan hasil kontradiksi mental yang dihasilkan dari interaksi seseorang dengan lingkungan.

Salah satu teori dalam konstruktivisme adalah teori Piaget. Menurut Piaget, perkembangan kognitif bergantung pada empat faktor yaitu: kematangan biologis, pengalaman dengan lingkungan fisik, pengalaman dengan lingkungan sosial dan ekuilibrase. Ekuilibrase merujuk pada dorongan biologis untuk memproduksi keadaan seimbang yang optimal antara struktur kognisi dan lingkungan. Ekuilibrase adalah faktor penting dan memotivasi perkembangan kognisi. Faktor ini mengkoordinasi aksi ketiga faktor lainnya dan membuat struktur mental internal dan realitas lingkungan menjadi konsisten satu sama lain (Schunk, 2012).

Berdasarkan penelitian Piaget, perkembangan kognisi anak terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu: sensorimotor,

praoperasional, operasional konkrit, dan operasional formal (Ornstein & Levine, 2008). Pada tahap sensorimotor, anak mulai mengeksplorasi lingkungan dengan menggunakan penginderaan. Biasanya tahap sensorimotor terjadi pada umur 1-2 tahun. Tahap pra-operasional terjadi sekitar umur 2-7 tahun. Pada tahap ini, intuisi bersama dengan kemampuan bicara mengarahkan ke proses berpikir operasional yang melibatkan konsep waktu, ruang, dan sebab akibat. Tahap operasional konkrit terjadi pada umur 7-11 tahun. Pada masa ini, anak dapat merekognisi sifat-sifat dasar seperti ukuran dan menggunakannya dalam operasi mental yang lebih kompleks. Pada tahap operasional konkrit, anak mulai belajar menalar. Tahap operasional formal terjadi sejak umur 11 tahun hingga dewasa. Individu mulai dapat mengkonstruksi konsep abstrak dalam pikiran mereka. Saat dewasa, orang dapat memahami hubungan sebab akibat, menggunakan metode ilmiah untuk menjelaskan realitas dan belajar operasi matematika kompleks, proses mekanik dan bahasa.

Teori perkembangan Piaget menunjukkan bahwa anak terus-menerus merekonstruksi pandangannya tentang realitas (pengetahuan) selama menjalani proses perkembangan. Semakin anak berinteraksi dengan lingkungan, mereka membangun pengetahuan tentang dunianya melalui proses konstruktivisme. Jika terdapat konflik antara pengetahuan yang sudah ada dalam pikiran dengan situasi baru yang mereka hadapi, anak akan merekonstruksi model mental berdasarkan informasi baru yang diperoleh dan membentuk konsep yang lebih tinggi atau kompleks.

Implikasi teori Piaget pada pendidikan adalah kurikulum pendidikan di lembaga formal maupun informal harus disesuaikan dengan tahap perkembangan anak. Guna menstimulasi anak bereksplorasi, guru dapat mendesain aktivitas kelas yang menarik keingintahuan anak. Beberapa aplikasi teori Piaget di kelas adalah (Ornstein & Levine, 2008):

1. Mendorong siswa untuk bereksplorasi dan bereksperimen
2. Mendesain pembelajaran yang personal sehingga anak bisa belajar sesuai dengan tingkat kesiapan masing-masing
3. Mendesain kelas sebagai pusat belajar yang dipenuhi dengan materi-materi konkrit yang bisa disentuh, dimanipulasi, dan digunakan oleh anak.

Selain teori perkembangan kognitif Piaget, teori sosiokultural Vygotsky juga menjadi elemen penting dalam konstruktivisme. Teori sosiokultural menekankan lingkungan sosial sebagai fasilitator dalam perkembangan dan proses belajar. Lingkungan sosial mempengaruhi kognisi melalui elemen seperti obyek kultural, bahasa, simbol, dan institusi sosial. Lingkungan berperan sebagai moderator yang penting dalam pembentukan makna (Mintzes, 2021). Beberapa konsep kunci dalam teori Vygotsky adalah (Schunk, 2012):

1. Interaksi sosial sangat krusial; pengetahuan dikonstruksi antara dua atau lebih orang
2. Regulasi diri (*self-regulation*) dikembangkan melalui internalisasi aksi dan operasi mental yang terjadi selama interaksi sosial
3. Perkembangan manusia terjadi melalui transmisi perangkat kultural seperti bahasa dan simbol
4. Terdapat zona perkembangan proksimal (*zone of proximal development*) yang merupakan ruang antara level perkembangan aktual (yang diperoleh dari pemecahan masalah mandiri) dengan level perkembangan potensial yang dapat diperoleh dengan arahan orang dewasa ataupun kolaborasi dengan teman sebaya.

Pandangan konstruktivisme telah lama menjadi landasan dalam pembelajaran sains. Namun demikian, masih terdapat perdebatan tentang apa yang dikonstruksi oleh siswa dalam pembelajaran sains. Dua pandangan konstruktivisme, yaitu

konstruktivisme sebagai pengembangan kognitif dan epistemologis, memunculkan dua gagasan menjawab persoalan apa yang dikonstruksi siswa dalam pembelajaran sains, gagasan tersebut adalah (Bächtold, 2013):

1. Proses konstruksi yang dilalui adalah proses pengayaan dan re-organisasi struktur kognitif pada level mental. Sudut pandang ini dipengaruhi oleh konstruktivisme sebagai pengembangan kognitif.
2. Proses konstruksi yang dilalui merupakan proses membangun dan mengembangkan model ilmiah pada level simbolik. Sudut pandang ini dipengaruhi oleh konstruktivisme epistemologis.

Kedua sudut pandang tentang proses konstruksi tersebut saling berkaitan sehingga tidak perlu dipisahkan. Model dan teori yang disusun berdasarkan pengamatan gejala alam serta memanfaatkan beberapa konsep (representasi mental) dengan cara tertentu. Di sisi lain, konsep-konsep dan mode penalaran yang memanfaatkannya dapat dianggap sebagai struktur kognitif. Terdapat struktur kognitif yang harus diperoleh mahasiswa untuk memahami dan mempelajari model atau teori.

Pembelajaran berbasis pemodelan melibatkan dua konstruksi yang disebutkan di atas. Model ilmiah dalam bentuk simbolis dikembangkan melalui proses pemodelan dan aplikasi model yang dikerjakan secara kolaboratif. Terdapat interaksi sosial antar mahasiswa dan antara pengajar dengan mahasiswa selama proses pemodelan dan aplikasi model. Di sisi lain, masing-masing mahasiswa menata struktur kognitif dalam pikiran mereka. Selama memodelkan gejala alam, mereka menggunakan konsep yang sudah ada di model mentalnya. Setelah diolah dan diperoleh model ilmiah, hasilnya akan menjadi konsep atau pengetahuan baru pada pikiran mahasiswa atau menjadi struktur kognitif baru.

Menurut Bächtold (2013), struktur kognitif baru yang dikembangkan harus digunakan berulang-ulang agar stabil.

Berdasarkan penelitian, agar hasil mempelajari model atau teori ilmiah dapat bertahan lama, mahasiswa harus mengaplikasikannya pada berbagai konteks dan berulang-ulang. Pengaplikasian model ilmiah pada beragam konteks akan menstabilkan landasan struktur kognitif seseorang sehingga struktur kognitif akan semakin efektif dan lebih terautomasi untuk diekspresikan. Implikasinya pada pembelajaran berbasis pemodelan dalam fisika adalah perlu adanya ruang bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan model yang telah dikembangkan pada beberapa konteks yang mirip. Selain itu, kegiatan *reflective thinking* juga diperlukan (Bächtold, 2013; Cetin & Dubinsky, 2017). Dengan adanya *reflective thinking*, mahasiswa secara berkelanjutan melakukan rekonstruksi pada model mentalnya hingga dicapai kestabilan.

Konstruktivisme mengedepankan strategi pembelajaran aktif (*active learning*) (Mintzes, 2021). Dengan strategi ini, mahasiswa diharapkan terlibat dalam aktivitas-aktivitas kolaboratif yang menstimulus pembentukan pengetahuan. Pembelajaran berbasis pemodelan mengadaptasi konsep strategi *active learning* ini. Mahasiswa distimulus untuk aktif dalam pengamatan fenomena fisika, pengambilan dan analisis data, studi literatur dan diskusi.

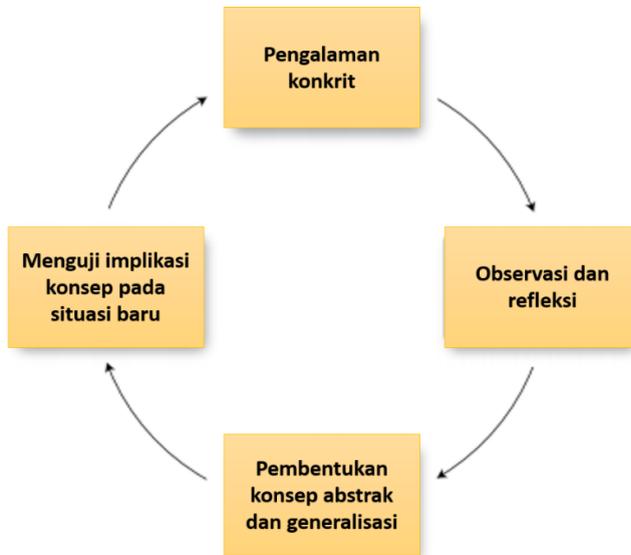
B. Teori Experiential Learning

Manusia belajar dari pengalaman yang didapatkan dalam kehidupan. Konsep sederhana ini menghasilkan teori *experiential learning*. Menurut Boydel (1976), *experiential learning* memiliki makna sepadan dengan pembelajaran penemuan bermakna (*meaningful discovery learning*). Dalam proses belajar, pembelajar memilah-milah kejadian/temuan untuk dirinya sendiri dan merestruktur persepsinya tentang apa yang terjadi. Dalam teori *experiential learning*, pengetahuan dibentuk melalui serangkaian transformasi pengalaman. Pengetahuan adalah hasil kombinasi dari merangkum dan mentransformasi pengalaman (D. A. Kolb, 2015). Kunci *experiential learning* adalah proses belajar dimulai dengan pengalaman, pengalaman yang diperoleh dapat ditransformasi

menjadi pengetahuan, keterampilan, sikap, emosi, nilai, dan keyakinan (Boydell, 1976).

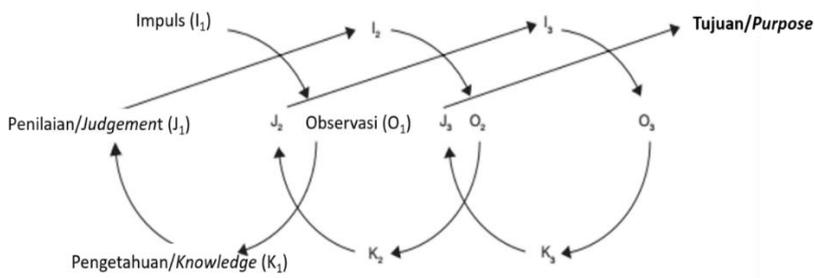
Seseorang tidak hanya belajar dari sesuatu yang sudah lampau maupun yang terjadi saat ini. Menurut Bread & Wilson (2013), pengertian *experiential learning* dapat diperluas menjadi proses pemaknaan akal (*sense-making process*) yang mengaitkan 'dunia dalam' seseorang dengan 'dunia luar' dari lingkungannya. Proses pemaknaan melibatkan pengalaman-pengalaman signifikan yang bervariasi sebagai sumber belajar (Beard & Wilson, 2013). Pengalaman ini mengendap dalam diri seseorang dan mengaitkan secara reflektif 'dunia dalam' seseorang (baik secara fisik, intelektual, emosional, dan spiritual) dengan 'dunia luar' lingkungannya untuk menghasilkan pengalaman yang berkesan, kaya, dan efektif untuk belajar.

Teori *experiential learning* merupakan perspektif integratif holistik proses belajar yang mengintegrasikan pengalaman, persepsi, kognisi, dan perilaku. Terdapat beberapa model proses *experiential learning* (D. A. Kolb, 2015). Model Lewinian seperti diilustrasikan pada Gambar 2, melibatkan beberapa tahapan dalam proses *experiential learning* yaitu pengalaman konkrit (*concrete experience*), observasi dan refleksi, pembentukan konsep abstrak dan generalisasi, serta menguji implikasi konsep pada situasi baru. Pengalaman konkrit juga berperan untuk memvalidasi dan menguji konsep abstrak. Pengalaman personal adalah titik fokus untuk belajar dan memaknai secara subjektif sebuah konsep abstrak. Di saat bersamaan, pengalaman personal juga memberikan titik referensi untuk menguji implikasi dan validitas sebuah gagasan yang muncul dari proses belajar.



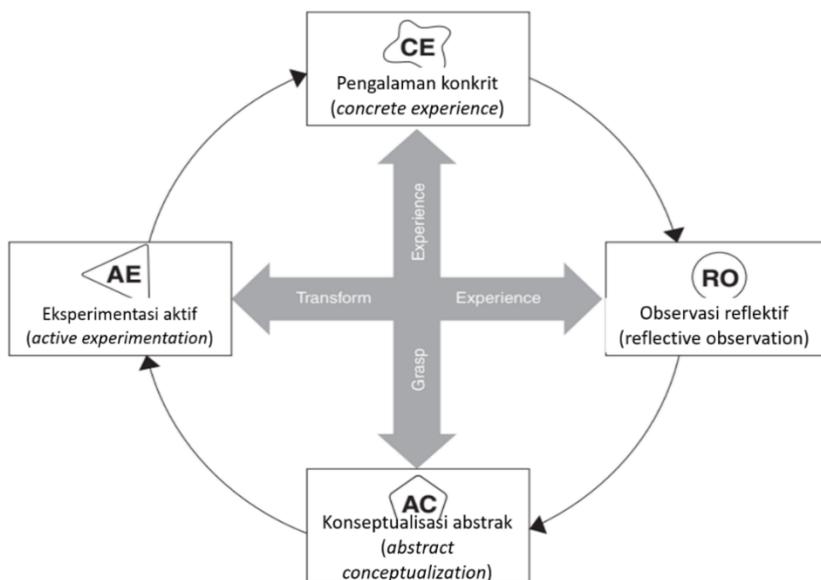
Gambar 2. 1 Teori Experiential Learning Menurut Lewinian (Beard & Wilson, 2013)

Teori *Experiential Learning* yang dibawakan oleh Dewey memiliki beberapa elemen yang dimulai dari impuls, observasi, pengetahuan, penilaian (*judgement*). Rangkaian komponen proses tersebut diulang untuk impuls kedua, ketiga dan seterusnya hingga diraih tujuan yang diinginkan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Proses belajar mengubah impuls, perasaan dan keinginan menjadi aksi yang bertujuan (D. A. Kolb, 2015).



Gambar 2. 2 Teori *Experiential Learning* Menurut Dewey (D. A. Kolb, 2015)

Teori *experiential learning* yang disusun oleh Kolb melibatkan dua mode dialektikal dalam memperoleh pengalaman, yaitu pengalaman konkrit dan konseptualisasi abstrak. Selain itu, terdapat dua mode dialektikal dalam mentransformasi pengalaman yaitu observasi reflektif dan eksperimentasi aktif. Proses belajar muncul dari keempat mode tersebut. Proses ini membentuk siklus belajar yang ideal, seperti diilustrasikan pada Gambar 4 (A. Y. Kolb & Kolb, 2017). Pengalaman konkrit dapat berupa berbagai bentuk namun memiliki elemen kunci yaitu pengalaman harus bermakna, dan memungkinkan pembelajar untuk terlibat dalam pengalaman, merefleksikan apa yang dialami, bagaimana, dan mengapa fenomena bisa terjadi (Falloon, 2019). Pengalaman konkrit menjadi basis dalam observasi reflektif. Hasil refleksi kemudian diproses menjadi suatu konsep abstrak. Dari konsep abstrak tersebut, diperoleh sebuah implikasi baru. Implikasi konsep ini dapat diuji melalui eksperimentasi dan hasilnya dapat menjadi pedoman untuk pengalaman yang baru.



Gambar 2. 3 Teori *Experiential Learning* Menurut Kolb (A. Y. Kolb & Kolb, 2017)

Pengembangan pembelajaran online fisika berbasis pemodelan juga berlandaskan pada teori *experiential learning*. Dalam pembelajaran berbasis pemodelan, mahasiswa akan dihadapkan pada berbagai pengalaman baik pengalaman konkrit maupun konseptualisasi abstrak. Pengalaman konkrit diperoleh dari pengamatan fenomena fisika yang ditemui dalam eksperimen menggunakan kit eksperimen berbantuan Arduino, sedangkan konseptualisasi abstrak diperoleh dari pemodelan fenomena fisika.

C. Pemodelan dalam Pembelajaran Fisika

Model dipandang sebagai elemen yang penting dalam praktik sains, namun terdapat beragam pendapat tentang definisi model itu sendiri. Dalam pendidikan fisika, istilah model dimunculkan oleh Hestenes (1987). Menurutnya model merupakan obyek pengganti (*surrogate object*), representasi konseptual dari hal nyata. Model dalam fisika merupakan model matematis yang merepresentasikan sifat-sifat fisis dengan adanya variabel-variabel kuantitatif dalam model (Hestenes, 1987). Definisi model mengalami banyak pengembangan dan modifikasi, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. Walaupun terdapat banyak pandangan tentang definisi model, terdapat kecenderungan bahwa definisi model memiliki beberapa unsur sebagai berikut: 1) model merupakan simplifikasi dari sebuah obyek atau proses fisis yang sedang dikaji, 2) model dapat berupa deskripsi atau eksplanatori, 3) model dapat digunakan untuk memprediksi fenomena fisis, 4) terdapat keterbatasan dalam model.

Tabel 2. 1 Perkembangan Definisi Model dalam Fisika

Referensi	Definisi model dalam sains atau fisika
Hestenes (1987)	Model adalah obyek pengganti (<i>surrogate object</i>), merupakan representasi konseptual dari hal nyata. Model dalam fisika adalah model matematis, sifat fisik dapat direpresentasikan oleh variabel kuantitatif dalam model.

Referensi	Definisi model dalam sains atau fisika
Etkina, Warren, Gentile (2006)	Model merupakan versi penyederhanaan sebuah obyek atau sebuah proses yang sedang dikaji, model dapat digunakan untuk memprediksi sebuah fenomena namun prediksi ini memiliki keterbatasan.
Nicolaou & Constantinou (2014)	Model ilmiah (<i>scientific model</i>) adalah konstruksi epistemologis dalam ilmu alam (<i>natural sciences</i>), dan merupakan representasi interpretatif, biasanya dalam bentuk simbol dan memiliki kekuatan prediktif. Sebagai entitas epistemologis, model mewakili karakteristik sebuah fenomena, menjelaskan mekanisme terjadinya fenomena, serta dapat digunakan untuk memformulasi prediksi terhadap salah satu aspek observabel dalam sebuah fenomena.
Passmore et al (2014)	Model merupakan alat yang digunakan untuk menalar (<i>reasoning</i>) sebuah fenomena
Mcpadden & Brewie (2017)	Model memuat kumpulan terkoordinasi dari berbagai representasi (grafik, persamaan, diagram dsb) dengan kemampuan untuk menjelaskan, memprediksi, dan mendeskripsikan suatu set fenomena fisis
Dounas-Frazer & Lewandowski (2018)	Model sistem fisis memfasilitasi penjelasan dan prediksi suatu fenomena
Mcpadden et al. (2020)	Model merupakan himpunan terkoordinasi dari berbagai representasi dimana di atasnya terbangun pengetahuan ilmiah.
Weber & Wilhelm (2020)	Pemodelan (<i>modeling</i>) didefinisikan sebagai konstruksi jaringan konsep fisika dan hubungannya dimana perilaku sistem fisis dapat dideskripsikan dan diprediksi.

Referensi	Definisi model dalam sains atau fisika
	Tujuan pemodelan adalah untuk memahami fenomena dan proses yang diamati dan membangun wawasan baru untuk hubungan kompleks
Cascarosa et al. (2020)	<p>Model dapat didefinisikan sebagai representasi dari sebuah target yang berfungsi sebagai 'jembatan' untuk menghubungkan teori dan praktek. Model ilmiah menjelaskan dan memprediksi fenomena alam.</p> <p>Pemodelan adalah proses membangun model ilmiah yang original dan inovatif. Proses pemodelan ini memerlukan konstruksi argumen apakah model dapat menjelaskan atau memprediksi fakta ilmiah.</p>

Model merupakan simplifikasi dari sebuah obyek atau proses yang dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena yang teramati dan memprediksi fenomena baru. Dalam menyederhanakan sebuah fenomena, dapat dilakukan penyederhanaan terhadap obyek, interaksi antar obyek, sistem obyek dengan interaksinya, maupun proses. Hal ini melahirkan klasifikasi model sebagai berikut (Etkina et al., 2006):

1. Model obyek

Ketika sebuah fenomena diteliti, terdapat obyek-obyek yang terlibat. Obyek-obyek tersebut diidentifikasi kemudian dapat dilakukan penyederhanaan terhadap obyek-obyek tersebut. Misalnya, dalam kinematika, mobil dapat dimodelkan sebagai partikel titik, maupun benda tegar.

2. Model interaksi

Ketika terdapat banyak obyek terlibat dalam sebuah fenomena, interaksi antar obyek tersebut perlu diperhatikan. Dalam

mengkonstruksi model, beberapa interaksi dapat diabaikan maupun diperhitungkan. Contoh model interaksi ini misalnya interaksi antar muatan dideskripsikan dengan Hukum Coulomb.

3. Model sistem

Dengan mengkombinasikan model obyek dan interaksi untuk sebuah sistem fisis, maka didapatkan model sistem. Misalnya, gas dapat disederhanakan sebagai kumpulan partikel titik yang berinteraksi dengan dinding wadah melalui tumbukan elastik, dalam hal ini didapatkan model sistem yaitu model gas ideal.

4. Model proses

Adanya interaksi antara obyek-obyek dalam sebuah sistem atau dengan obyek di luar sebuah sistem, dapat menyebabkan perubahan perilaku pada sistem. Model yang mendeskripsikan perubahan dalam sistem tersebut diistilahkan dengan model proses. Model proses dibedakan menjadi model kualitatif dan kuantitatif. Proses termodinamika yang melibatkan gas dalam wadah dengan piston adalah salah satu contoh model proses kualitatif. Model proses kuantitatif adalah model proses dapat diekspresikan dalam persamaan matematis. Contohnya adalah persamaan keadaan dalam termodinamika.

Masing-masing dari model yang telah dijelaskan dapat direpresentasikan dalam berbagai cara, termasuk melalui kata-kata verbal, persamaan matematis, grafik, gambar, berbagai diagram, termasuk diagram bebas (*free-body diagram*), diagram sinar, dan sebagainya. Mahasiswa perlu memahami bagaimana menggunakan berbagai macam representasi untuk menyelesaikan permasalahan yang spesifik.

Pemodelan adalah proses mengkonstruksi model dari suatu fenomena fisis. Proses pemodelan merupakan salah satu aktivitas yang selalu dikerjakan oleh fisikawan untuk memahami, menjelaskan, dan membuat prediksi fenomena fisis. Proses pemodelan yang dilakukan oleh fisikawan diadaptasi dalam

pembelajaran fisika. Menurut Krajcik & Merritt (2012), dalam pembelajaran fisika, siswa hendaknya perlu berlatih mengkonstruksi model yang dapat menjelaskan fenomena, menunjukkan konsistensi model berdasarkan bukti atau fakta, dan menjelaskan kekurangan dari model tersebut. Dengan melibatkan siswa dalam proses pemodelan melalui pembuatan dan revisi model, pemahaman mereka terhadap *nature of science* juga akan meningkat (Campbell et al., 2015).

Terdapat beberapa tujuan pedagogis melibatkan siswa dalam proses pemodelan, salah satunya adalah mengembangkan pemahaman konsep gagasan utama sains (Campbell et al., 2015; Dukerich, 2015). Tujuan lain adalah untuk melibatkan siswa pada praktik sains serta mengembangkan pemahaman siswa pada *nature of science*. Prins et al. (2011) menemukan bahwa melibatkan siswa dalam proses belajar yang berakar dari praktik pemodelan otentik terbukti dapat mengembangkan pemahaman siswa akan model yang konsisten dengan epistemologi pemodelan dalam praktik sains nyata.

Penyertaan pemodelan dalam pembelajaran fisika sangat beragam. Terdapat beberapa *framework* yang telah disusun. Hestenes dan Halloun mendesain proses pemodelan dalam pembelajaran fisika yang memasukan 4 langkah linier yang mencakup deskripsi model, formulasi, ramifikasi, dan validasi (Hestenes, 1987). *Framework* ini kemudian diperbarui menjadi proses iteratif yang memuat tahap pemilihan model, validasi, analisis, dan *deployment* (Halloun, 1996).

Model-based inquiry adalah *framework* iteratif yang mengemas ulang tugas-tugas berbasis inkuiri dalam sains menjadi berpusat pada pemodelan. *Framework* ini memuat praktik ilmiah yang luas seperti bertanya akan apa yang sudah diketahui dan apa yang harus/ingin diketahui, membuat hipotesis, mengkonstruksi argumen, dan mencari bukti (Windschitl et al., 2008). Implementasi

model based inquiry dapat melibatkan lima tipe aktivitas pemodelan berupa pemodelan eksplorasi, eksperesif, eksperimental, evaluative, dan siklis (Oh & Oh, 2011; J. Wang et al., 2015). Berikut adalah penjelasan masing-masing tipe aktivitas pemodelan.

a. Pemodelan eksplorasi (*Exploratory modeling*)

Pada pemodelan eksplorasi, siswa menginvestigasi sifat model yang sudah ada (*pre-existing model*) melalui keterlibatan dengan model (misalnya mengubah-ubah parameter) dan mengobservasi pengaruhnya.

b. Pemodelan ekspresif (*Expressive modeling*)

Dalam pemodelan ekspresif, siswa mengeskpresikan ide untuk mendeskripsikan atau menjelaskan fenomena ilmiah dengan membuat model baru ataupun menggunakan model yang ada.

c. Pemodelan eksperimental (*Experimental modeling*)

Pemodelan eksperimental juga disebut sebagai pemodelan inkuiri (*inquiry modeling*). Pada pemodelan eksperimental, siswa mengajukan hipotesis dan prediksi dari model dan mengujinya melalui percobaan dengan fenomena.

d. Pemodelan evaluatif (*Evaluative modeling*)

Dalam pemodelan evaluatif, siswa membandingkan model alternatif terkait fenomena atau permasalahan yang sama, memberikan penilaian tentang keterbatasan dan kelebihanannya, serta memilih yang paling tepat untuk menjelaskan fenomena atau memecahkan masalah.

e. Pemodelan siklik (*Cyclic modeling*)

Pada pemodelan siklik, siswa terlibat secara berkelanjutan pada proses pengembangan, evaluasi, dan perbaikan model untuk menyelesaikan proyek sains yang agak panjang.

Dounas-Frezer & Lewandowski (2018) mendesain *framework* pemodelan dalam eksperimen fisika. *Framework* pemodelan

didesain untuk mengkarakterisasi penggunaan model saat melakukan eksperimen fisika. Terdapat lima sub-tugas dalam *framework* pemodelan tersebut, meliputi pengukuran, konstruksi model alat dan fenomena, membandingkan antara data dan prediksi, mengajukan alasan adanya diskrepansi, dan mengajukan revisi pada model dan alat. Pemodelan merupakan proses yang rekursif, sehingga dalam diagram tersebut digambarkan sebagai *flowchart* siklis. Dalam *framework* ini, tujuan yang ingin dicapai adalah kesesuaian antara data dengan prediksi model. *Framework* ini juga diadaptasi menjadi model kerja laboratorium yang dikembangkan oleh Hadiati (2019). Implementasi model kerja laboratorium tersebut terbukti dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa (Hadiati et al., 2019).

Model-based learning (pembelajaran berbasis pemodelan) dapat dipadukan dengan pembelajaran kolaboratif. Kolaborasi antar siswa menuntut negosiasi pemikiran dan ko-konstruksi pengetahuan pada setiap langkah *model-based learning*. *Model-based learning* kolaboratif membangun interaksi proses partisipatori melalui kerja kelompok dan dialog antar kelompok maupun antara guru dengan siswa secara individual. Interaksi ini melibatkan praktek negosiasi komunitas ilmiah seperti mengkonstruksi penjelasan, mempertahankan gagasan, menginterpretasikan bukti, menggunakan dan mengkonstruksi model, mentransformasi pengamatan menjadi temuan, dan berargumentasi tentang teori (Louca & Zacharia, 2012).

BAB 3.

KETERAMPILAN BERPIKIR KOMPUTASIONAL

Keterampilan berpikir komputasional merupakan salah satu kompetensi yang penting di masa sekarang dan mendatang. Terutama dengan adanya revolusi industri 4.0, dimana kehidupan manusia sudah sangat bergantung pada komputer dan sistem otomasi, keterampilan berpikir komputasional diperlukan supaya orang tidak sekedar menjadi pengguna teknologi semata. Oleh sebab itu, keterampilan berpikir komputasional perlu diintegrasikan pada sistem pendidikan.

Berpikir komputasional adalah pendekatan pemecahan masalah dan pemikiran kritis yang mendukung integrasi teknologi digital dengan gagasan manusia (CSTA & ISTE, 2011). Keterampilan berpikir komputasional dan kompetensi digital juga memiliki hubungan yang erat (Juškevičienė & Dagienė, 2018). Grover & Pea (2018) menggagas berpikir komputasional sebagai proses berpikir yang melibatkan formulasi masalah hingga cara penyelesaiannya dapat direpresentasikan sebagai langkah komputasional dan algoritma. Sejalan dengan hal tersebut, Kalelioğlu et al (2016), mengatakan bahwa berpikir komputasional adalah berpikir tingkat tinggi kompleks yang menggunakan kemampuan kognitif dan mendukung pemanfaatan mesin dalam memecahkan masalah. Berpikir komputasional juga merupakan proses merekognisi aspek komputasi dalam kehidupan di sekitar kita serta mengaplikasikan *tools* serta teknik komputasi untuk memahami sistem dan proses

Esensi berpikir komputasional melibatkan penguraian masalah kompleks menjadi sub-masalah yang lebih familiar dan mudah diatasi, penggunaan urutan langkah untuk memecahkan masalah,

penilaian solusi untuk permasalahan yang mirip, dan penentuan apakah komputer dapat membantu penyelesaian masalah dengan efektif (Yadav et al., 2016). Rangkaian langkah esensial berpikir komputasional tersebut sebenarnya merupakan dasar ilmu komputer, tetapi penggunaannya dapat melampaui jangkauan satu disiplin ilmu saja.

Dari beragam definisi berpikir komputasional dapat diambil kesimpulan bahwa di dalamnya terdapat elemen pemecahan masalah dan berpikir kritis. Dalam proses pemecahan masalah, teknik komputasi dapat dimanfaatkan, namun tidak terbatas pada hal tersebut.

Tabel 3. 1 Aspek Berpikir Komputasional Menurut Beberapa Sumber Hasil Penelitian

Sumber	Aspek CT
ISTE & CSTA (2011)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengumpulan data 2. Analisis data 3. Representasi data 4. Dekomposisi masalah 5. Abstraksi 6. Algoritma dan prosedur 7. Otomatisasi 8. Simulasi 9. Paralelisasi
Selby, C. C., & Woollard, J. (2013).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kemampuan berpikir abstraksi 2. Kemampuan berpikir dekomposisi 3. Kemampuan berpikir secara algoritmatis 4. Kemampuan evaluasi 5. Kemampuan menggeneralisasi

Sumber	Aspek CT
Csizmadia et al. (2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kemampuan berpikir secara algoritmis 2. Kemampuan berpikir dekomposisi 3. Kemampuan menggeneralisasi 4. Kemampuan berpikir secara abstrak dan dapat memilih representasi yang tepat 5. Kemampuan mengevaluasi
Shute et al. (2017)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dekomposisi 2. Abstraksi 3. Algoritma 4. <i>Debugging</i> 5. Iterasi 6. Generalisasi
Rich et al. (2019)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abstraksi 2. Berpikir algoritmis 3. Otomatisasi 4. Dekomposisi 5. <i>Debugging</i> 6. Generalisasi
Psycharis & Kotzampasaki (2019)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Algoritma 2. Dekomposisi 3. Abstrasi 4. Evaluasi 5. Generalisasi
Yin et al. (2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abstraksi 2. Dekomposisi 3. Desain algoritma

Sumber	Aspek CT
	4. Generaliasasi pola (<i>pattern generalization</i>)
Juškevičienė et al. (2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis dan representasi data 2. <i>Computing artifact</i> 3. Dekomposisi 4. Abstraksi 5. Algoritma 6. Komunikasi dan kolaborasi 7. Komputasi dan masyarakat 8. Evaluasi
Asbell-Clarke et al. (2021)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dekomposisi masalah 2. Pengenalan pola (<i>pattern recognition</i>) 3. Abstraksi 4. Desain algoritma
Weintrop et al. (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Data Practice</i> , meliputi: mengumpulkan data, membuat data, memanipulasi data, menganalisis data, memvisualisasikan data 2. <i>Modeling & simulation practices</i>, meliputi: menggunakan model komputasi untuk memahami konsep, menggunakan model komputasi untuk mencari dan menguji solusi, menilai model komputasi, mendesain model komputasi, mengkonstruksi model komputasi. 3. <i>Computational problem solving practices</i>, meliputi: menyiapkan masalah untuk solusi komputasional, pemrograman, memilih perangkat

Sumber	Aspek CT
	<p>komputasional yang efektif, membuat abstraksi komputasional, <i>debugging</i></p> <p>4. <i>System thinking practice</i>, meliputi: menginvestigasi sistem kompleks secara keseluruhan, memahami hubungan dalam sistem, berpikir bertingkat, mengkomunikasikan informasi tentang sistem, mendefinisikan sistem dan mengatur kompleksitas.</p>

Terdapat beragam pendapat tentang definisi berpikir komputasional. Beberapa ahli bahkan tidak mendefinisikannya secara eksplisit namun lebih berfokus pada aspek-aspek kemampuan apa saja yang tercakup pada keterampilan berpikir komputasional (Curzon et al., 2014). Tabel 3.1 menyajikan rangkuman aspek keterampilan berpikir komputasional menurut beberapa lembaga dan hasil penelitian. Klasifikasi aspek keterampilan berpikir komputasional sangat beragam. Namun demikian, terdapat beberapa aspek yang terdapat pada mayoritas penelitian terdahulu. Aspek tersebut diantaranya meliputi abstraksi, dekomposisi, berpikir algoritmis, generalisasi pola, dan evaluasi.

Abstraksi adalah proses menyederhanakan sistem dengan mengurangi detail yang tidak perlu (Rich et al., 2019). Menurut Wing (2006), abstraksi adalah memodelkan aspek utama dari sistem atau persoalan kompleks. Abstraksi melibatkan proses mengembangkan pemodelan dan representasi dunia nyata. Keterampilan abstraksi mencakup pemilihan detail mana saja yang bisa dihilangkan sehingga sistem menjadi lebih sederhana namun bagian-bagian penting tetap dipertahankan (Rich et al., 2019). Abstraksi banyak digunakan dalam bidang fisika misalnya sistem tata surya dimodelkan menjadi sebuah model fisis atau rangkaian listrik kompleks yang terdiri dari banyak komponen dan kabel

disederhanakan dalam bentuk diagram supaya lebih mudah dipahami dan dianalisis (Yadav et al., 2016; Yin et al., 2020).

Menurut Asbell-Clarke dkk (2021), dekomposisi masalah adalah proses mengurangi kompleksitas masalah dengan memecahnya menjadi bagian-bagian kecil yang lebih mudah untuk diatasi. Pecahan tersebut bukanlah bagian yang acak namun merupakan elemen-elemen yang bersama-sama meliputi sistem keseluruhan (Shute et al., 2017). Elemen sebuah sistem dapat dipahami, diselesaikan dan dievaluasi secara terpisah sehingga persoalan kompleks dapat lebih mudah dipecahkan (Yadav et al., 2016).

Algoritma adalah serangkaian langkah yang sistematis dan jelas untuk menghasilkan suatu solusi. Berpikir secara algoritmatis adalah cara menyelesaikan masalah melalui serangkaian langkah yang terdefinisi dengan jelas (Rich et al., 2019; Yadav et al., 2016). Berpikir algoritmatis adalah proses berpikir untuk merumuskan langkah-langkah yang mengarah pada hasil yang diinginkan (Katai, 2015). Menurut Juškevičienė et al. (2020) aspek kemampuan algoritma dapat mencakup perancangan algoritma dan sistem otomatisasi. Algoritma memang merupakan konsep kunci dalam pemrograman komputer. Namun demikian, berpikir algoritmatis dapat dilakukan tanpa komputer (Doleck et al., 2017). Berpikir algoritmatis bahkan dapat dikenalkan ke siswa sekolah dasar dengan memecah urutan langkah kegiatan pada kehidupan sehari-hari (Yadav et al., 2016).

Generalisasi merupakan cara menambah informasi dengan melihat kesamaan antar elemen (Krauss & Prottsman, 2016). Generalisasi berkaitan dengan mengidentifikasi pola, kesamaan, hubungan dalam sebuah sistem (Rich et al., 2019). Pola-pola yang ada dapat dieksploitasi untuk memecahkan masalah ataupun menjelaskan sistem lain yang mirip. Dengan generalisasi, aspek-

aspek CT untuk menjangkau masalah yang lebih luas secara efisien dan efektif (Shute et al., 2017).

Keterampilan berpikir komputasional juga melibatkan kemampuan evaluasi. Evaluasi merupakan proses memastikan bahwa sebuah solusi (bisa berupa algoritma, sistem, atau proses) merupakan hal yang tepat dan sesuai dengan tujuan. Evaluasi sejalan dengan aspek keterampilan berpikir komputasional yang lain. Solusi masalah dalam bentuk algoritma, abstraksi, model atau simulasi harus dievaluasi kebenaran dan kesesuaiannya berdasarkan tujuan dan batasan yang ada (Grover & Pea, 2018). Evaluasi melibatkan analisis dan berpikir analitik. Evaluasi dapat dilakukan dari berbagai sisi, seperti keefektifan, efisiensi, dan kegunaan. Definisi abstraksi, dekomposisi, berpikir algoritmis, generalisasi pola, dan evaluasi dapat diringkas seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Definisi Setiap Aspek Berpikir Komputasional

Aspek	Definisi Operasional
Abstraksi (<i>abstraction</i>)	Memodelkan sistem fisis dengan representasi yang lebih sederhana dan mudah dipahami dengan menghilangkan detail yang tidak perlu namun tetap mempertahankan bagian-bagian yang penting.
Dekomposisi (<i>decomposition</i>)	Memecah sistem fisis menjadi bagian-bagian yang lebih mudah dikelola atau dipahami
Berpikir algoritmis (<i>algorithmic thinking</i>)	Menyelesaikan masalah atau mencapai tujuan melalui serangkaian langkah yang sistematis dan didefinisikan dengan jelas.
Generalisasi pola (<i>pattern generalization</i>)	Mengidentifikasi pola, kesamaan, dan hubungan antar besaran dalam sebuah sistem fisis serta menerapkan pola tersebut pada fenomena lain yang masih berhubungan.

BAB 4.

KETERLIBATAN SISWA (*STUDENTS' ENGAGEMENT*)

Keterlibatan siswa atau mahasiswa (*student engagement*) diartikan sebagai tingkat usaha, waktu, dan sumber daya yang digunakan oleh siswa/mahasiswa untuk mengembangkan hasil dan pengalaman belajar. Keterlibatan dalam proses belajar dapat meningkatkan prestasi belajar. Lemahnya keterlibatan mahasiswa berkorelasi pada rendahnya nilai akhir, retensi materi, dan tingkat *drop out* (Hussain et al., 2018).

Hu & Kuh (2002) mendefinisikan keterlibatan siswa sebagai jumlah usaha yang didedikasikan pada aktivitas pendidikan yang menghasilkan kinerja ideal. Menurut Coates (2007), keterlibatan siswa adalah konstruk luas yang diharapkan, mencakup aspek pengalaman akademik dan non-akademik yang menonjol. Keterlibatan mencakup adanya belajar aktif, partisipasi menghadapi tantangan aktivitas akademik, komunikasi formal dengan staf akademik, partisipasi dalam memperkaya pengalaman pendidikan, dan perasaan didukung oleh komunitas belajar di universitas.

Axelson & Flick (2011) melihat keterlibatan siswa melalui bagaimana siswa terlihat tertarik dan terlibat pada proses belajarnya dan bagaimana siswa berhubungan dengan komunitas kelas maupun institusinya. Fletcher (2015) mendefinisikan keterlibatan siswa sebagai hubungan berkelanjutan apa pun yang dimiliki siswa terhadap aspek pembelajaran, sekolah, atau pendidikan. *Glossary of Education Reform* (2016) merujuk keterlibatan siswa sebagai tingkat perhatian, keingintahuan, ketertarikan, optimisme, dan gairah yang ditunjukkan siswa ketika belajar. Berdasarkan banyak pendapat oleh ahli, keterlibatan siswa

dapat disimpulkan sebagai manifestasi segala usaha, waktu, interaksi, dan emosi yang secara intensional dikeluarkan oleh siswa untuk mencapai keberhasilan belajar.

Terdapat beberapa perspektif tentang aspek-aspek keterlibatan siswa. Perspektif lama memandang keterlibatan siswa sebagai dimensi tunggal yaitu perilaku (Mosher & MacGowan, 1985). Berdasarkan perspektif ini, keterlibatan didefinisikan sebagai partisipasi siswa dalam berbagai aktivitas terkait proses belajar. Namun, definisi ini kurang memperhatikan dimensi lain seperti aspek rekognisi belajar dan keadaan psikologi siswa.

Finn & Zimmer (2012) menjelaskan bahwa keterlibatan siswa terdiri dari faktor perilaku (partisipasi) dan faktor emosional (identifikasi). Faktor perilaku merepresentasikan sikap aktif terhadap kegiatan belajar, misalnya bertanya atau mengumpulkan tugas, sedangkan faktor emosional merujuk pada perasaan siswa terhadap aktivitas belajar, seperti keterlibatan atau rasa memiliki (*sense of belonging*) pada komunitas belajar. Selain itu, terdapat tipe keterlibatan siswa lain seperti kognitif, akademik, dan kinerja. Keterlibatan kognitif berkaitan dengan investasi pemikiran, upaya mental, atau strategi prestasi belajar. Keterlibatan psikologis hampir sama dengan keterlibatan emosional. Sedangkan keterlibatan akademis dapat merujuk pada aktivitas seperti waktu yang didedikasikan pada tugas belajar, kinerja, nilai, dan sebagainya.

Pada perkembangannya, beberapa peneliti memasukan dimensi sosial pada keterlibatan siswa. Keterlibatan sosial menggambarkan interaksi seorang siswa dengan orang lain. Zhoc dkk (2018) membagi dimensi sosial menjadi dua jenis yaitu keterlibatan sosial dengan pengajar dan keterlibatan sosial dengan teman sebaya.

Kajian keterlibatan peserta didik dalam konteks pembelajaran sains telah diteliti pada beberapa penelitian terdahulu. Wang dkk

(2016) mengembangkan survei untuk mengukur keterlibatan peserta didik dalam kelas sains dan matematika. Keterlibatan peserta didik dibagi menjadi beberapa dimensi yang meliputi keterlibatan kognitif, behavioral, emosional, dan sosial.

Keterlibatan kognitif dalam sains dan matematika didefinisikan dengan ada tidaknya tindakan yang menunjukkan strategi kognitif untuk memahami gagasan yang kompleks dalam sains dan matematika (M. Wang et al., 2016). Butir yang mewakili dimensi keterlibatan kognitif antara lain penggunaan berbagai cara untuk menyelesaikan masalah dalam sains atau matematika, keinginan mempelajari seluruh bagian materi sains dan matematika, kecenderungan menghubungkan apa yang telah dipelajari dengan apa yang sedang dipelajari, ada tidaknya usaha lebih dalam belajar matematika dan sains. Keterlibatan behavioral didefinisikan dalam konteks keterlibatan peserta didik pada kegiatan akademik, adanya tindakan positif, dan tidak adanya tindakan disruptif di dalam kelas. Dalam survei yang dikembangkan oleh Wang (2016), keterlibatan behavioral mencakup butir seperti tingkat kefokusannya dalam belajar, ketepatan waktu mengerjakan tugas, partisipasi di dalam kelas, dan persistensi dalam belajar sains dan matematika. Keterlibatan emosional mencakup antusiasme, kegembiraan, kenyamanan, dan ketertarikan mempelajari sains dan matematika. Sementara itu, keterlibatan sosial mencakup keinginan mendengar dan memahami gagasan orang lain, keinginan membantu teman, keinginan bekerja sama dalam kelas sains dan matematika.

Tabel 4. 1 Dimensi Keterlibatan Siswa

Referensi	Dimensi
Burch, Heller, Burch, Freed, & Steed (2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keterlibatan emosional (<i>emotional engagement</i>) 2. Keterlibatan fisik (<i>physical engagement</i>) 3. Keterlibatan kognitif (<i>cognitive engagement</i>) di dalam dan di luar kelas

Lee, Song, & Hong (2019)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motivasi psikologis (<i>Psychological motivation</i>) 2. Kolaborasi teman sebaya (<i>Peer collaboration</i>) 3. Pemecahan masalah kognitif (<i>Cognitive problem solving</i>) 4. Interaksi dengan instruktur 5. Dukungan komunitas 6. Pengaturan belajar (<i>learning management</i>)
Dixson (2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>skills engagement</i> 2. <i>emotional engagement</i> 3. <i>performance engagement</i> 4. <i>interaction/participation engagement</i>
Finn & Zimmer (2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keterlibatan akademik (<i>academic engagement</i>) 2. Keterlibatan sosial (<i>social engagement</i>) 3. Keterlibatan kognitif (<i>cognitive engagement</i>) 4. Keterlibatan afektif (<i>affective engagement</i>)
Zhoc, Webster, King, Li, & Chung (2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keterlibatan akademik (<i>academic engagement</i>) 2. Keterlibatan sosial dengan teman sebaya (<i>social engagement with peers</i>) 3. Keterlibatan sosial dengan instruktur (<i>social engagement with instructor</i>) 4. Keterlibatan kognitif (<i>cognitive engagement</i>) 5. Keterlibatan afektif (<i>affective engagement</i>)
Gunuc & Kuzu (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>campus engagement</i> (penghargaan pada kampus, rasa memiliki) 2. <i>class engagement</i>, meliputi keterlibatan kognitif, keterlibatan emosional, dan keterlibatan perilaku.

Merlin-knoblich et al (2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>skills engagement</i> 2. <i>emotional engagement</i> 3. <i>performance engagement</i> 4. <i>interaction/participation engagement</i>
Appleton, Christenson, Kim, & Reschly (2006)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keterlibatan akademik (<i>academic engagement</i>) 2. Keterlibatan perilaku (<i>behavioral engagement</i>) 3. Keterlibatan kognitif (<i>cognitive engagement</i>) 4. Keterlibatan psikologis (<i>psychological engagement</i>)

Tabel 4.1 menampilkan dimensi keterlibatan siswa berdasarkan pendapat para ahli dan penelitian terdahulu. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, terdapat berbagai bentuk taksonomi yang mendeskripsikan aspek keterlibatan siswa. Aspek yang sering muncul di banyak penelitian terdahulu diantaranya meliputi: keterlibatan sosial (partisipasi dan interaksi), keterlibatan kognitif, keterlibatan emosional (afektif dan psikologis), serta keterlibatan akademik/behavioral. Secara ringkas, indikator setiap aspek tersebut tersaji pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Indikator Aspek Keterlibatan Mahasiswa

Aspek	Indikator
Keterlibatan behavioral/akademik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ketekunan 2. Kepatuhan pada aturan kuliah 3. Partisipasi pada diskusi saat perkuliahan
Keterlibatan kognitif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggali informasi tambahan 2. Persistensi dalam belajar

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Menggunakan strategi kognitif saat memecahkan masalah atau saat mencerna materi
Keterlibatan emosi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Antusiasme belajar 2. Kenyamanan saat mengikuti kelas 3. Merasa diterima di kelas
Keterlibatan sosial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ada interaksi bermakna dengan teman selama proses belajar 2. Adanya komunikasi dengan dosen 3. Kepedulian pada teman

BAB 5.

DESKRIPSI MODEL PEMBELAJARAN ONLINE FISIKA BERBASIS PEMODELAN

A. Tujuan Model

Model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan memiliki tujuan untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional (*computational thinking skills*) dan keterlibatan mahasiswa (*students' engagement*) dalam perkuliahan online fisika.

B. Dukungan Teoritis

Model dikembangkan berdasarkan kajian teoritis seperti dijabarkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Dukungan Teoritis Model Pembelajaran Fisika Online Berbasis Pemodelan

Fase	Dukungan Teoritik
Orientasi	<ul style="list-style-type: none">Menurut model teori ARCS, motivasi dapat ditumbuhkan dalam pembelajaran dengan adanya komponen <i>attention</i> (perhatian), <i>relevance</i> (relevansi), <i>confidence</i> (kepercayaan diri), dan <i>satisfaction</i> (kepuasan). Siswa perlu memiliki ketertarikan pada pembelajaran. Proses belajar harus bermakna, berkaitan dengan kehidupan nyata. Perlu ada kepercayaan diri pada siswa untuk berhasil dalam proses belajar. Dalam proses belajar, siswa perlu mendapatkan kepuasan (Li & Keller, 2018). Implikasi dari model ARCS ini, ketertarikan dan perhatian mahasiswa pada pembelajaran perlu dibangun terlebih dahulu di awal. Relevansi materi yang dipelajari dengan realitas dan kebutuhan yang ada pada mahasiswa perlu dijelaskan. Pengkondisian

Fase	Dukungan Teoritik
	<p>belajar (<i>learning requirement</i>), standar, dan kriteria evaluasi perlu dijelaskan agar mahasiswa memiliki ekspektasi positif untuk menggapai keberhasilan belajar.</p>
Eksplorasi	<ul style="list-style-type: none"> • Menurut Piaget, perkembangan kognitif bergantung pada tahap perkembangan serta pengalaman dengan lingkungan fisik dan sosial. Teori Piaget berimplikasi bahwa kegiatan di kelas perlu mendorong siswa untuk bereksplorasi dan bereksperimen. Selain itu, pembelajaran yang personal juga perlu dirancang agar siswa dapat belajar sesuai dengan tingkat kesiapan masing-masing (Ornstein & Levine, 2008). Eksplorasi yang dilakukan dengan kit eksperimen oleh mahasiswa secara <i>asynchronous</i> memfasilitasi pembelajaran personal ini. • Dalam <i>experiential learning theory</i>, proses belajar dimulai dengan pengalaman, pengalaman yang diperoleh dapat ditransformasi menjadi pengetahuan, keterampilan, sikap, emosi, nilai, dan keyakinan (D. A. Kolb, 2015). Ekplorasi memberikan pengalaman mahasiswa berinteraksi dengan sistem fisis riil.
Pemodelan secara berkelompok	<ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan gagasan teori pemrosesan kognitif dan informasi, proses belajar terdiri dari perolehan dan penyimpanan informasi yang akurat melalui penggunaan proses kognitif dan mental (Arends, 2012) • Teori sosiokultural Vigotsky menekankan lingkungan sosial sebagai fasilitator dalam perkembangan dan proses belajar. Lingkungan sosial mempengaruhi kognisi melalui elemen seperti obyek kultural, bahasa, simbol, dan institusi sosial. Lingkungan berperan sebagai moderator yang penting dalam pembentukan makna (Mintzes, 2021). Adanya diskusi kelompok

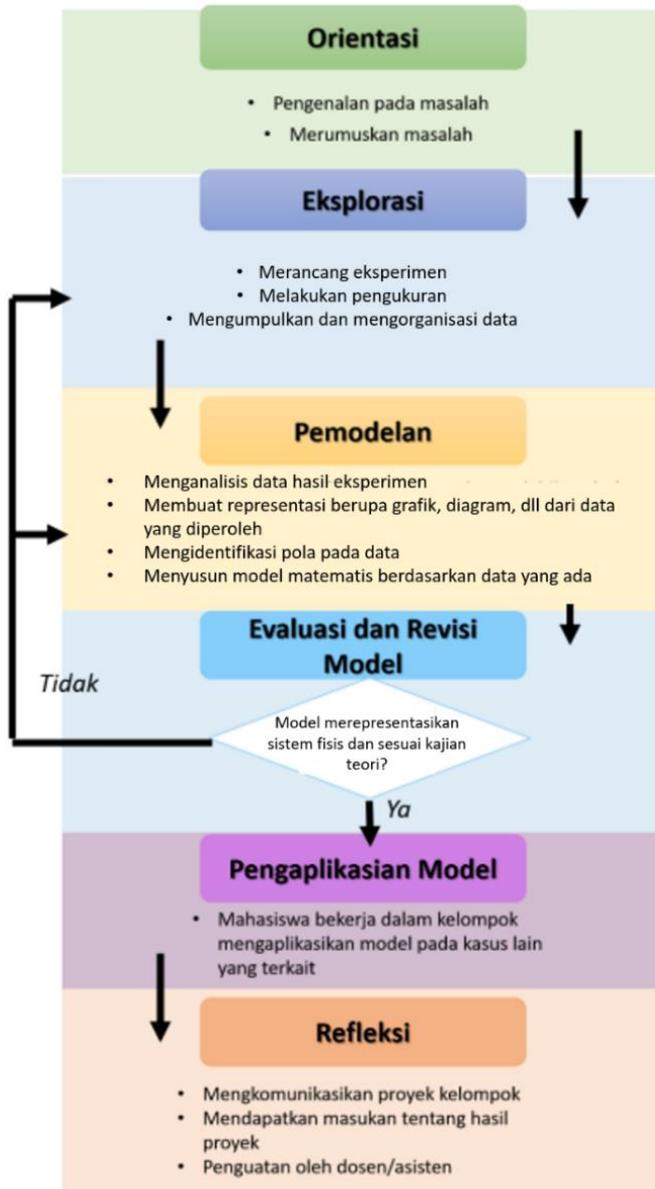
Fase	Dukungan Teoritik
	<p>dalam proses pemodelan berdasarkan pada teori sosiokultural ini.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terdapat beberapa tujuan pedagogis melibatkan siswa dalam proses pemodelan, salah satunya adalah mengembangkan pemahaman konsep gagasan utama sains (Campbell et al., 2015; Dukerich, 2015). Tujuan lain adalah untuk melibatkan siswa pada praktik sains serta mengembangkan pemahaman siswa pada <i>nature of science</i>.
Evaluasi dan Revisi Model	<ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan prinsip konstruktivisme, pembelajar yang sukses menghubungkan informasi baru yang diperoleh dengan pengetahuan yang sudah dimilikinya secara bermakna (Arends, 2012).
Pengaplikasian	<ul style="list-style-type: none"> • Menurut Bächtold (2013), struktur kognitif baru yang dikembangkan harus digunakan berulang-ulang agar stabil.
Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> • Salah satu prinsip konstruktivisme menyatakan pembelajar yang sukses berpikir strategik dan memikirkan tentang proses belajar yang dijalannya sendiri (Arends, 2012).

C. Komponen Model

Model pembelajaran memiliki beberapa komponen yang harus dipenuhi, yaitu sintaks, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dan dampak pembelajaran.

1. Sintaks Model

Model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan terdiri dari 6 langkah yaitu: orientasi, eksplorasi, pemodelan, evaluasi dan revisi model, aplikasi, dan refleksi. Ilustrasi langkah pembelajaran disajikan pada Gambar 5.1. Gambaran aktivitas dosen/tutor dan mahasiswa pada setiap tahapan disajikan pada Tabel 5.2



Gambar 5. 1 Langkah Pembelajaran dengan Pembelajaran Online Fisika Berbasis Pemodelan

Tabel 5. 2 Aktivitas Dosen dan Mahasiswa dalam Model Pembelajaran Online Fisika Berbasis Pemodelan

Fase	Aktivitas Dosen/Tutor	Aktivitas Mahasiswa	Mode
Orientasi	<ul style="list-style-type: none"> • Menyampaikan tujuan perkuliahan • Memberikan stimulus • Menjelaskan alur perkuliahan fisika online berbasis pemodelan 	<ul style="list-style-type: none"> • Memperhatikan video stimulus • Merumuskan masalah • Mencatat penugasan 	<i>Synchronous</i>
Eksplorasi	<ul style="list-style-type: none"> • Memantau eksperimen mahasiswa secara <i>remote</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendesain <i>set-up</i> eksperimen • Memprogram Arduino • Melakukan pengambilan data/pengamatan eksperimen dengan <i>home-lab-kit</i> berbasis Arduino 	<i>Asynchronous</i>
Pemodelan	<ul style="list-style-type: none"> • Memantau aktivitas mahasiswa secara <i>remote</i> • Menyediakan waktu untuk konsultasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis data dan memodelkan fenomena fisis (melalui berbagai representasi, termasuk model matematis) secara berkelompok • Mencari kajian pustaka tentang 	<i>Asynchronous</i>

Fase	Aktivitas Dosen/Tutor	Aktivitas Mahasiswa	Mode
		fenomena fisis yang dikaji	
Evaluasi dan Revisi Model	<ul style="list-style-type: none"> • Memantau aktivitas mahasiswa secara <i>remote</i> • Menyediakan waktu untuk konsultasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Membandingkan model sementara yang telah disusun dari hasil eksplorasi dengan hasil kajian pustaka • Merevisi model atau teknik eksperimen apabila masih ada ketidaksesuaian 	<i>Asynchronous</i>
Pengaplikasian	<ul style="list-style-type: none"> • Memantau aktivitas mahasiswa secara <i>remote</i> • Menyediakan waktu untuk konsultasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan kerja kelompok untuk menyelesaikan permasalahan yang mengaplikasikan model • Mengunggah hasil sementara di LMS 	<i>Asynchronous</i>
Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> • Memandu sesi diskusi • Memberikan penguatan pembelajaran 	<ul style="list-style-type: none"> • Mempresentasikan hasil proyek aplikasi • Menanggapi presentasi kelompok lain • Menyampaikan refleksi kegiatan 	<i>Synchronous</i>

Tabel 5. 3 Keterkaitan fase model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan dengan aspek kemampuan berpikir komputasional dan keterlibatan mahasiswa

Fase	Aspek keterampilan berpikir komputasional yang dilatih	Aspek keterlibatan mahasiswa yang ditingkatkan
Orientasi	Dekomposisi	Keterlibatan emosional
Eksplorasi	Berpikir algoritmik, generalisasi	Keterlibatan behavioral
Pemodelan	Abstraksi, dekomposisi	Keterlibatan sosial, kognitif
Evaluasi dan Revisi Model	Evaluasi, dekomposisi, berpikir algoritmik	Keterlibatan kognitif, sosial
Pengaplikasian	Abstraksi, dekomposisi, berpikir algoritmik, generalisasi pola	Keterlibatan kognitif, emosional, sosial
Refleksi	Evaluasi	Keterlibatan behavioral, sosial, emosional, kognitif

Masing-masing fase memiliki tujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir komputasional dan keterlibatan mahasiswa pada aspek tertentu, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.3. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang setiap tahapan dalam model pembelajaran.

a. Orientasi

Pada fase orientasi, mahasiswa diperkenalkan dengan sistem fisis yang akan dikaji pada topik perkuliahan. Mahasiswa distimulus untuk menemukan permasalahan dan merumuskannya. Langkah ini merupakan langkah awal untuk membangun iklim pembelajaran berbasis pemodelan. Dalam hal ini peranan dosen sangat penting supaya mahasiswa antusias pada pembelajaran.

Aspek keterampilan berpikir komputasional yang dikembangkan pada fase orientasi adalah dekomposisi. Stimulus pada fase orientasi ini diharapkan membangkitkan emosi positif mahasiswa dalam belajar.

b. Eksplorasi

Fase eksplorasi merupakan fase dimana mahasiswa secara aktif melakukan investigasi terhadap sistem fisis yang sedang dikaji. Investigasi dapat berupa pengamatan atau percobaan di laboratorium dengan memanipulasi variabel dan melakukan pengukuran besaran fisis. Pada pembelajaran online fisika, akses laboratorium sangat terbatas, sehingga dalam model ini digunakan kit eksperimen portable berbasis Arduino yang telah dipersiapkan untuk berbagai topik eksperimen fisika. Melalui eksplorasi dengan eksperimen langsung diharapkan mahasiswa dapat menemukan pola dari sistem fisika yang dikaji dan nantinya dapat digunakan dalam pengembangan model fisis. Dampak lain yang diharapkan adalah mahasiswa mengembangkan keterampilan praktik. Diharapkan melalui aktivitas eksplorasi, mahasiswa dapat melatih aspek keterampilan berpikir komputasional terutama berpikir algoritmik dan generalisasi pola. Selain itu, tahap eksplorasi juga bermaksud meningkatkan keterlibatan behavioral.

c. Pemodelan

Fase pemodelan menstimulus mahasiswa menyusun berbagai representasi untuk mengembangkan model dari sistem fisis yang dikaji. Fase ini melibatkan penyederhanaan sistem fisis dengan beberapa asumsi. Ketika mengembangkan model, mahasiswa dapat menyusun berbagai bentuk representasi, seperti representasi verbal, gambar, grafik, diagram, persamaan matematis, atau pemrograman komputer. Aspek keterampilan berpikir komputasional yang dikembangkan pada fase pemodelan adalah abstraksi dan dekomposisi. Pemodelan melibatkan rekonstruksi struktur kognitif

dan tukar pikiran dengan mahasiswa lain dalam kelompok sehingga diharapkan keterlibatan kognitif dan sosial dapat meningkat.

d. Evaluasi dan Revisi

Model fisis yang telah disusun perlu dievaluasi apakah sesuai dengan perilaku fenomena fisika yang nyata yang diperoleh dari eksperimen pada tahap eksplorasi. Apabila belum sesuai, maka perlu dilakukan pengkajian ulang pada model yang disusun dan teknik eksplorasi yang dilakukan. Setelah dikaji dan ditemukan kekurangan, model atau teknik pengukuran diperbaiki. Dalam tahap evaluasi dan revisi ini mahasiswa dapat pula menjelaskan ketidakcocokan antara model dan perilaku fenomena fisika yang nyata dengan memprediksi sumber-sumber kesalahan yang mungkin ada. Aspek keterampilan berpikir komputasional yang dikembangkan pada fase evaluasi dan revisi adalah evaluasi, dekomposisi, dan berpikir algoritmik. Evaluasi melibatkan strategi kognitif dan berpikir reflektif sehingga keterlibatan kognitif diharapkan dapat ditingkatkan. Kegiatan diskusi dalam kelompok pada tahap ini juga diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan sosial.

e. Aplikasi

Pada tahap aplikasi, model yang telah dievaluasi diterapkan untuk memprediksi fenomena fisika pada kasus lain yang masih berhubungan. Tujuannya, mahasiswa bisa lebih memahami konsep fisika yang dipelajari dan menerapkan konsep pada masalah yang bervariasi. Penerapan konsep fisika dalam berbagai kasus diharapkan juga meningkatkan ketertarikan mahasiswa mempelajari fisika lebih dalam atau dengan kata lain membangkitkan keterlibatan emosi dalam belajar. Strategi yang dipakai pada tahap ini dapat dengan memberikan suatu permasalahan untuk dipecahkan secara berkelompok bagi mahasiswa. Dalam proses pengaplikasian, dosen perlu memantau kemajuan kerja melalui konsultasi berkala. Adanya timbal balik

dari dosen dan kerja kolaboratif dalam kelompok bertujuan meningkatkan keterlibatan sosial. Selain itu, fase aplikasi ini mengembangkan aspek keterampilan berpikir komputasional berupa abstraksi, dekomposisi, berpikir algoritmis, generalisasi pola, dan evaluasi.

f. Refleksi

Fase terakhir adalah refleksi. Hasil pemodelan dan pengaplikasian model yang telah dilakukan oleh mahasiswa dalam kelompok kemudian dikomunikasikan pada forum kelas. Kelompok yang memaparkan hasil juga diminta menyampaikan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan, mereka perlu mengungkapkan kekurangan model dan mengajukan saran perbaikan. Mahasiswa lain juga diminta untuk mencermati dan mengevaluasi aplikasi model yang dipresentasikan. Tahap ini diakhiri dengan penguatan dari dosen. Adanya pemaparan hasil, tukar pendapat, dan timbal balik dosen diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan sosial, behavioral, kognitif, dan emosional mahasiswa. Aspek keterampilan berpikir komputasional evaluasi juga dikembangkan pada fase refleksi ini karena mahasiswa diajak mengevaluasi hasil proyek mereka berdasarkan pemaparan berbagai kelompok.

2. Sistem sosial

Sistem sosial mendeskripsikan hubungan dosen dengan mahasiswa beserta aturan pada hubungan tersebut. Ada banyak macam peran pendidik dalam berbagai model pembelajaran, ada yang berperan sebagai fasilitator dalam sebuah kelompok, atau juga sebagai pembimbing mahasiswa secara individu.

Sistem sosial pada pembelajaran online fisika berbasis pemodelan menempatkan pendidik (dosen/tutor) sebagai fasilitator. Pada awal pembelajaran, dosen memberikan orientasi berupa stimulus pada topik dan fenomena fisika yang perlu dieksplorasi

oleh mahasiswa. Dosen juga menentukan *scope* proyek yang perlu diselesaikan oleh mahasiswa.

Mahasiswa bertanggung jawab untuk melakukan eksperimen secara mandiri, membuat model, dan menyelesaikan permasalahan aplikasi secara berkelompok. Dosen/tutor bertanggung jawab memberikan *feedback* pada setiap langkah belajar yang dijalani oleh mahasiswa. *Feedback* yang diberikan dapat berupa pelurusan adanya miskonsepsi ataupun masukan alternatif pemecahan masalah apabila dalam proses pemodelan dan aplikasi, mahasiswa mengalami kesulitan. Namun demikian, diharapkan dosen tidak mendominasi proses diskusi. Dosen hanya memberikan stimulus, dan sisanya mahasiswa berdiskusi dengan rekan kerjanya.

3. Prinsip Reaksi

Prinsip reaksi dalam model pembelajaran berhubungan dengan cara dosen ketika memperlakukan mahasiswa dalam pembelajaran. Pada pembelajaran online fisika berbasis pemodelan, hendaknya berjalan dengan prinsip-prinsip sebagai berikut:

- a. Dosen memberikan panduan kegiatan belajar kepada mahasiswa
- b. Dosen/tutor memotivasi mahasiswa untuk aktif dalam proyek yang diberikan
- c. Dosen/tutor menekankan pentingnya berpikir komputasional bagi siapa saja yang berkarir di bidang STEM maupun di luar bidang tersebut.
- d. Dosen/tutor memberikan kesempatan mahasiswa untuk mengutarakan gagasannya dan berdiskusi. Dosen/tutor juga perlu memberikan umpan balik.
- e. Dosen/tutor mendorong interaksi aktif antara dosen/tutor dengan mahasiswa maupun antar mahasiswa sehingga akan menstimulus keterlibatan mahasiswa

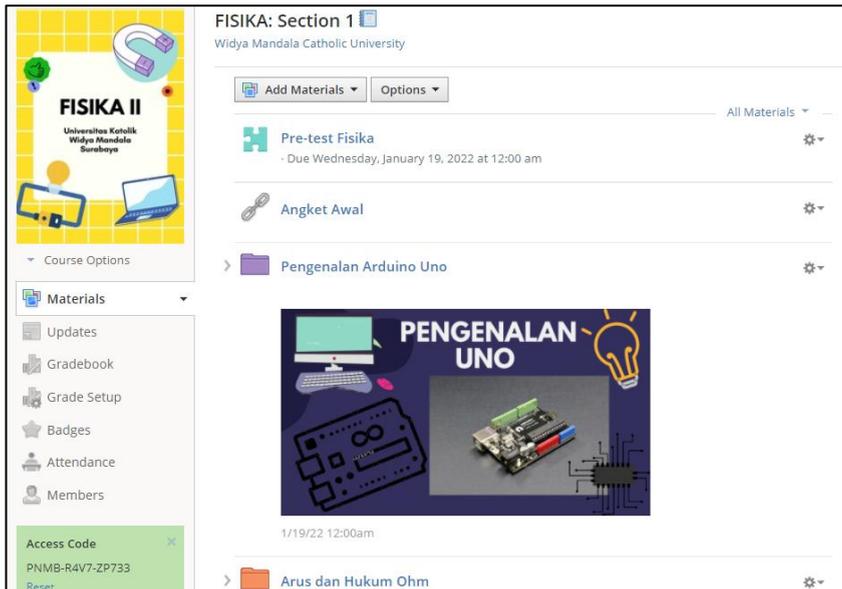
- f. Dosen/tutor menstimulus mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional dalam pemecahan masalah
- g. Dosen mengkonfirmasi hasil refleksi mahasiswa.

4. Sistem Pendukung

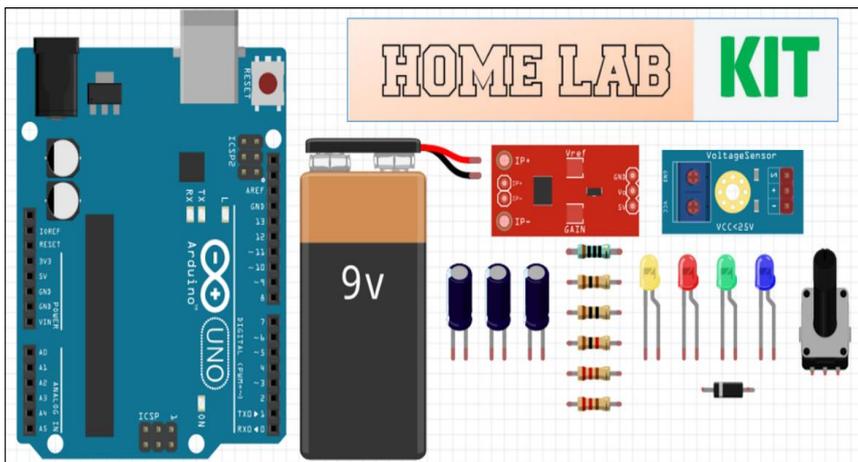
Sistem pendukung merupakan prasarana, sarana, bahan, kondisi, dan *setting* yang digunakan untuk mendukung terlaksananya pembelajaran. Sistem pendukung dalam pembelajaran online fisika berbasis pemodelan diantaranya adalah:

- a. Perangkat pembelajaran yang terdiri dari rencana perkuliahan, silabus, lembar kerja mahasiswa, modul belajar mahasiswa, dan instrumen evaluasi keterlibatan mahasiswa dan kemampuan berpikir komputasional.
- b. *Learning Management System (LMS)* untuk memfasilitasi pembelajaran online. Model pembelajaran ini melibatkan sesi *asynchronous* dimana mahasiswa melakukan eksperimen, membuat pemodelan fisika, dan mengerjakan proyek aplikasi pemodelan secara mandiri maupun kelompok. Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk sesi pembelajaran *asynchronous* tersedia pada *Learning Management System (LMS)* yang dipakai untuk pembelajaran online. Di dalam *LMS* akan dimuat lembar kerja mahasiswa, media pembelajaran pendukung, modul belajar mahasiswa, dan instrumen evaluasi.
- c. Aplikasi *web meeting* untuk memfasilitasi interaksi dosen dan mahasiswa. Model pembelajaran ini melibatkan sesi *synchronous* untuk memfasilitasi diskusi antar mahasiswa dan antara mahasiswa dengan dosen. Aplikasi *web meeting* dibutuhkan untuk mendukung sesi *synchronous*
- d. Perangkat hardware dan software yang perlu dimiliki mahasiswa, yaitu:
 - 1) Kit eksperimen berbasis arduino dan *block-based programming* untuk melakukan eksperimen di rumah

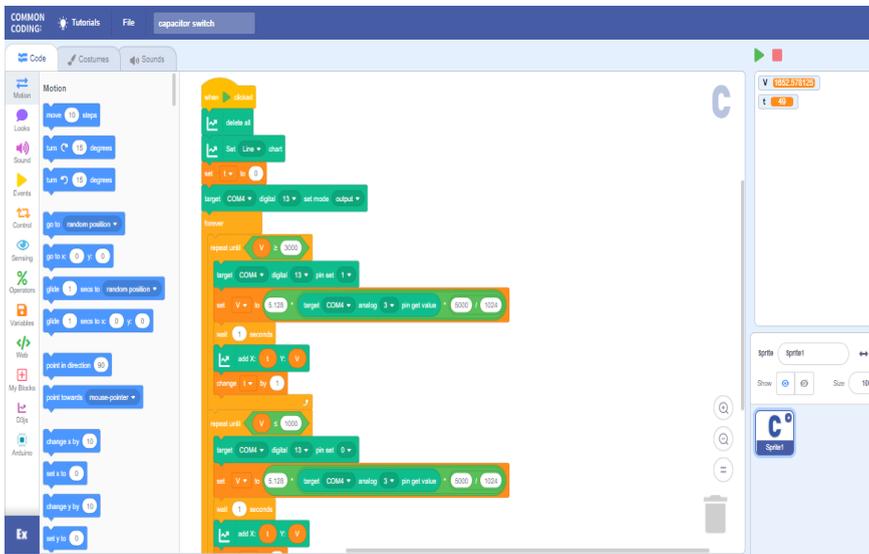
- 2) Perangkat keras (*hardware*) berupa laptop dan fasilitas internet di setiap rumah mahasiswa untuk mengikuti rangkaian pembelajaran online



Gambar 5. 2 Learning Management System



Gambar 5. 3 Perangkat kit eksperimen berbasis Arduino



Gambar 5. 4 Aplikasi *Block-based programming ‘Common-Coding’* digunakan untuk memprogram Arduino

5. Dampak Model

Dampak pembelajaran merupakan sebuah perbaikan sikap, pengetahuan, dan keterampilan mahasiswa akibat dari implementasi model pembelajaran. Dampak implementasi model dapat diklasifikasikan menjadi dampak instruksional (*instructional effect*) dan dampak pengiring (*nurturant effect*) (Joyce & Weil, 2003). Dampak instruksional adalah hasil belajar yang dicapai langsung dengan cara mengarahkan mahasiswa pada tujuan yang diharapkan. Dampak pengiring adalah dampak yang tidak direncanakan dalam tujuan pembelajaran, dampak ini muncul akibat terciptanya suasana belajar yang dialami langsung oleh para mahasiswa tanpa pengarahan langsung dari dosen.

a. Dampak Instruksional

Model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan memiliki potensi untuk menghasilkan dampak instruksional berupa

peningkatan kemampuan berpikir komputasional dalam konteks materi fisika dan peningkatan keterlibatan mahasiswa.

Pengalaman memodelkan gejala alam dalam pembelajaran online fisika berbasis pemodelan menstimulus mahasiswa memecahkan masalah secara kolaboratif seperti layaknya seorang fisikawan. Proses pemecahan masalah diarahkan ke aspek-aspek keterampilan berpikir komputasional seperti abstraksi, dekomposisi, berpikir algoritmis, generalisasi pola, dan evaluasi sehingga mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan berpikir komputasional.

Model pembelajaran online fisika berbasis pemodelan menstimulus mahasiswa untuk terlibat aktif dalam kegiatan belajar seperti melakukan eksperimen secara langsung dengan kit eksperimen berbasis Arduino, melakukan pemodelan, diskusi kelompok, mengerjakan proyek, berkonsultasi dengan tutor dan presentasi. Adanya kolaborasi dengan teman sebaya, serta interaksi langsung dengan gejala alam dan permasalahan nyata berpotensi untuk meningkatkan keterlibatan behavioral, kognitif, sosial, dan emosi mahasiswa selama perkuliahan online.

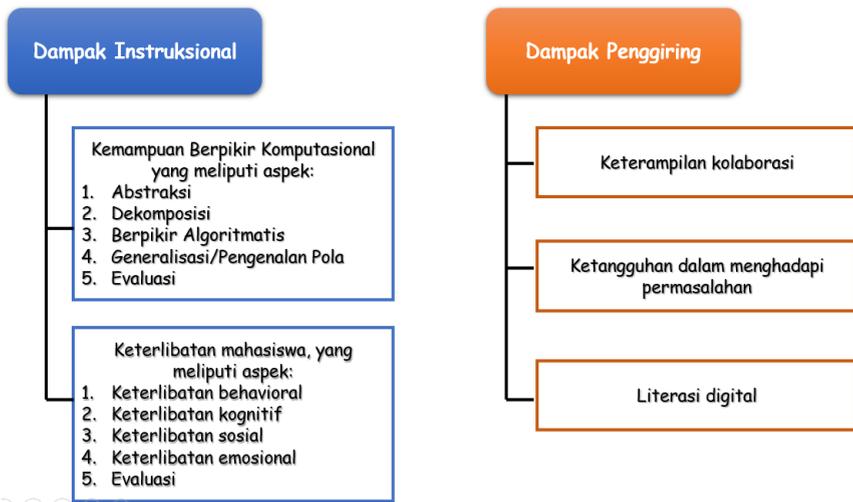
b. Dampak Pengiring

Penerapan pembelajaran online fisika berbasis pemodelan juga memiliki potensi untuk menghasilkan dampak pengiring berupa peningkatan keterampilan kolaborasi, tumbuhnya ketangguhan dan resiliensi, serta peningkatan literasi digital. Dalam pembelajaran online fisika berbasis pemodelan, mahasiswa diarahkan untuk berdiskusi secara online dengan teman sekelompok ketika melakukan pemodelan, evaluasi dan revisi, serta aplikasi. Selama bekerja sama dengan teman sekelompoknya, mahasiswa dapat berlatih membangun kolaborasi yang baik dan efektif. Mereka akan mencari formulasi untuk berkomunikasi dengan jelas, berlatih mendengarkan pendapat teman, membiasakan untuk bertanggung

jawab, dan menghargai keberagaman diantara teman sekelompok dan sekelas.

Selama mengikuti pembelajaran, mahasiswa akan sangat sering dihadapkan pada berbagai persoalan untuk diselesaikan. Suasana seperti ini akan membentuk ketangguhan mahasiswa dalam menghadapi kesulitan-kesulitan yang mungkin ada di masa mendatang, misalnya dalam dunia kerja nantinya.

Literasi digital juga berpotensi untuk dikembangkan melalui suasana pembelajaran online fisika berbasis pemodelan. Pada fase eksplorasi, mahasiswa diarahkan untuk memanfaatkan teknologi Arduino dan bahasa pemrograman untuk melakukan eksperimen. Aktivitas ini tentunya akan menambah wawasan mahasiswa tentang penggunaan perangkat digital pada eksperimen fisika. Selain itu, pada fase pemodelan, mahasiswa diarahkan untuk melibatkan kajian pustaka. Kajian pustaka dilakukan dengan mengakses informasi dari sumber terpercaya yang luas yang diakses dengan perangkat komputer.



Gambar 5. 5 Dampak Model Pembelajaran

D. Lingkungan Belajar yang Mendukung Tercapainya Tujuan

Lingkungan belajar merupakan kondisi yang mempengaruhi perilaku subyek dalam pembelajaran, dalam hal ini dosen dan mahasiswa. Lingkungan belajar yang kondusif akan mengoptimalkan tumbuh kembang mahasiswa. Lingkungan belajar kondusif menjadikan proses pembelajaran dapat lebih terkontrol, membuat kesiapan mahasiswa menjadi baik, dan mahasiswa merasakan kenyamanan belajar. Pencapaian tujuan pembelajaran memerlukan lingkungan belajar yang kondusif. Tabel 5.4 menyajikan lingkungan belajar yang mendukung setiap fase pada pembelajaran online fisika berbasis pemodelan.

Tabel 5. 4 Lingkungan Belajar pada Setiap Fase

Fase	Lingkungan Belajar
Orientasi	<ul style="list-style-type: none">• Secara <i>synchronous</i>, stimulus diberikan kepada mahasiswa untuk menumbuhkan motivasi belajar dan mengarahkan mahasiswa merumuskan permasalahan.• Pada fase orientasi, komunikasi antara dosen dan mahasiswa diharapkan dapat berjalan interaktif. Dosen memberikan pertanyaan-pertanyaan stimulus, dan mahasiswa aktif menjawab secara langsung maupun melalui fitur <i>chat</i>.• Dosen juga perlu menekankan tujuan pembelajaran serta relevansi materi untuk menarik mahasiswa. Aktivitas apa saja yang menjadi tagihan dalam pembelajaran dan bagaimana evaluasinya juga perlu dijelaskan oleh dosen supaya mahasiswa memiliki ekspektasi positif terhadap perkuliahan.
Eksplorasi	<ul style="list-style-type: none">• Mahasiswa secara <i>asynchronous</i> berdiskusi untuk merancang eksperimen. Kemudian masing-masing mahasiswa melakukan eksperimen di rumah masing-masing dengan menggunakan kit Arduino yang telah diperoleh sebelumnya. Panduan penggunaan alat secara lengkap perlu dipersiapkan oleh dosen untuk mendukung aktivitas ini.

Fase	Lingkungan Belajar
	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam proses eksplorasi, mahasiswa akan berlatih merangkai alat, membuat algoritma, melakukan pengukuran, serta mengorganisasi data. Mahasiswa juga mungkin akan menghadapi permasalahan yang menggiring mereka melakukan proses <i>debugging</i>. Proses ini akan meningkatkan keterampilan berpikir komputasional. • Selama fase eksplorasi, dosen menjadi fasilitator dengan menyediakan kesempatan konsultasi secara <i>asynchronous</i>.
Pemodelan secara berkelompok	<ul style="list-style-type: none"> • Berbekal data yang telah diorganisasi, mahasiswa kemudian berdiskusi dalam kelompok untuk menyusun sebuah model. Data direpresentasikan dalam grafik atau diagram, diinterpretasikan secara verbal, serta dibuat dalam model matematis. • Diharapkan, dengan diskusi kelompok secara <i>asynchronous</i>, mahasiswa dapat berinteraksi dengan teman secara aktif dan bertukar pikiran untuk menyelesaikan pemodelan. Proses ini akan meningkatkan keterlibatan kognitif dan sosial. • Selama fase pemodelan, dosen menjadi fasilitator dengan menyediakan kesempatan konsultasi secara <i>asynchronous</i>.
Evaluasi dan Revisi Model	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa dengan kelompoknya melakukan kajian pustaka tentang sistem yang dimodelkan. Model yang disusun kemudian dibandingkan kesesuaiannya dengan kajian teori. Bila terdapat ketidaksesuaian, model direvisi atau eksplorasi diulang dengan revisi desain eksperimen. Untuk mendukung fase ini, mahasiswa membutuhkan ketersediaan referensi yang memadai. Komunikasi efektif dalam kelompok juga sangat diperlukan. • Selama fase evaluasi dan revisi, dosen menjadi fasilitator dengan menyediakan waktu konsultasi secara <i>asynchronous</i>.

Fase	Lingkungan Belajar
Pengaplikasian	<ul style="list-style-type: none"> • Secara <i>asynchronous</i>, mahasiswa dengan kelompoknya berdiskusi untuk mengaplikasikan model yang telah dibuat untuk menyelesaikan permasalahan lain yang relevan. Kolaborasi yang baik dalam kelompok sangat mendukung fase pengaplikasian ini. • Selama fase pengaplikasian, dosen menjadi fasilitator dengan menyediakan waktu konsultasi secara <i>asynchronous</i>.
Refleksi	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa dapat mempresentasikan hasil pemodelan dan pengaplikasian model di depan mahasiswa kelompok lain. • Mahasiswa dari kelompok lain dapat memberikan masukan dan menyampaikan pertanyaan. Mereka dapat saling mengoreksi satu sama lain secara <i>synchronous</i>. • Dosen memberikan <i>feedback</i> dan penguatan. Aktivitas presentasi, tukar pendapat, dan adanya timbal balik dosen diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan sosial, behavioral, dan emosional mahasiswa. • Mahasiswa merefleksikan proses belajar yang telah dilalui. Aspek keterampilan berpikir komputasional evaluasi dikembangkan pada fase refleksi ini karena mahasiswa diajak mengevaluasi proses belajar mereka.

BAB 6.

CONTOH RENCANA IMPLEMENTASI MODEL

Pada bab ini disajikan contoh rencana implementasi pembelajaran online fisika berbasis pemodelan pada matakuliah Fisika Dasar dengan materi Arus Listrik dan Hambatan, serta Rangkaian Arus Searah. Pembelajaran dibagi menjadi kegiatan belajar dengan rincian seperti pada Tabel 6.1. Sebelum perkuliahan, diawali terlebih dahulu dengan pre-test, pengenalan *kit eksperimen* berbasis Arduino dan pembentukan kelompok (pertemuan 1-2). Evaluasi kemampuan berpikir komputasional dan keterlibatan mahasiswa melalui *post-test* dilakukan pada pertemuan terakhir yaitu pertemuan 6.

Tabel 6. 1 Contoh Rancangan Implementasi Model pada Materi Arus Listrik dan Rangkaian Arus Searah

Pertemuan	Aktivitas	Topik	Rujukan	Mode
1	<i>Pre-test</i>	-	<ul style="list-style-type: none">• <i>Online computational thinking test</i>• <i>Online student engagement survey</i>	<i>Asynchronous (LMS)</i>
2	Pendahuluan dan pembentukan kelompok	Pengenalan <i>home-lab-kit</i> berbasis Arduino	Modul Pengenalan Arduino	<i>Synchronous</i> selama 50 menit dan <i>asynchronous</i>
3	Kegiatan Belajar 1	Arus Listrik dan Hambatan Listrik (Arus	Lembar Kerja Mahasiswa Aktivitas 1	<i>Synchronous</i> selama 100 menit dan <i>asynchronous</i>

Pertemuan	Aktivitas	Topik	Rujukan	Mode
		listrik, hukum Ohm, <i>Ohmic</i> dan <i>non-ohmic</i> <i>material</i>)		
4	Kegiatan Belajar 2	Arus Listrik dan Hambatan Listrik (Rangkaian Seri dan Paralel)	Lembar Kerja Mahasiswa Aktivitas 2	<i>Synchronous</i> selama 100 menit dan <i>asynchronous</i>
5	Kegiatan Belajar 3	Rangkaian Listrik Searah (Aturan I dan II Kirchhoff)	Lembar Kerja Mahasiswa Aktivitas 3	<i>Synchronous</i> selama 100 menit dan <i>asynchronous</i>
6	Kegiatan Belajar 4	Rangkaian Listrik Searah (rangkaiian kapasitor-resistor)	Lembar Kerja Mahasiswa Aktivitas 4	<i>Synchronous</i> selama 100 menit dan <i>asynchronous</i>
7	<i>Post-test</i>	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Online computational thinking test</i> • <i>Online student engagement survey</i> 	<i>Asynchronous</i> (LMS)

Satuan Perkuliahan Online Berbasis Pemodelan I

Mata Kuliah: Fisika Dasar II Beban : 3 SKS	Semester: II
Topik: Arus listrik dan Hambatan Listrik Sub-topik: 1. Arus listrik 2. Hukum Ohm 3. <i>Ohmic</i> dan <i>Non-Ohmic material</i>	Alokasi waktu <i>Synchronous</i> : 100 menit

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

Memodelkan fenomena kelistrikan pada rangkaian arus searah dan mengaplikasikannya dalam menyelesaikan persoalan yang berkaitan dengan arus listrik, hukum ohm, hambatan dan hambatan jenis, energi listrik searah, hukum I dan II Kirchhoff, dan rangkaian listrik sederhana.

Indikator:

- Mengidentifikasi rangkaian tertutup
- Memodelkan hambatan pada penghantar listrik
- Menganalisis perubahan resistansi pada sebuah komponen rangkaian listrik berdasarkan pola grafik $V-I$
- Mengestimasi besar tegangan atau arus pada rangkaian berdasarkan data percobaan yang ada
- Membandingkan daya/energi terdisipasi pada setiap hambatan
- Menyusun langkah penggunaan alat ukur yang paling tepat untuk mengukur besaran listrik.

Tujuan Pembelajaran

Melalui pembelajaran online fisika berbasis pemodelan, mahasiswa dapat memecahkan persoalan berkaitan dengan konsep dasar arus dan hambatan listrik melalui berpikir dekomposisi, abstraksi, algoritmik, evaluasi, dan generalisasi dengan baik serta memiliki keterlibatan behavioral, kognitif, sosial, dan emosional yang baik.

Langkah Pembelajaran

Orientasi (<i>Synchronous</i> 30 menit)
<ul style="list-style-type: none">- Dosen menyajikan video apersepsi dan motivasi tentang arus dan hambatan listrik- Mahasiswa merumuskan masalah- Dosen menekankan tujuan pembelajaran dan topik/fenomena yang akan dipelajari- Dosen menjelaskan tugas selanjutnya mahasiswa untuk fase eksplorasi dan pemodelan
Eksplorasi (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none">- Mahasiswa mengakses Lembar Kerja Mahasiswa online di LMS- Mahasiswa melakukan eksperimen mandiri tentang Hukum Ohm serta <i>Ohmic</i> dan <i>Non-Ohmic Material</i>- Mahasiswa berdiskusi dalam kelompok secara <i>asynchronous</i>- Mahasiswa melaporkan progress eksperimen melalui LMS- Dosen memantau laporan mahasiswa di LMS
Pemodelan (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none">- Mahasiswa melakukan kajian pustaka secara mandiri- Mahasiswa berdiskusi dengan kelompoknya untuk memodelkan sifat arus dan tegangan pada konduktor dan bahan lain (LED, filament).- Hasil diskusi diunggah di LMS

<ul style="list-style-type: none"> - Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi
Evaluasi dan Revisi Model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa mengevaluasi kesesuaian model dengan teori dan melakukan revisi apabila diperlukan - Bila diperlukan, dalam revisi mahasiswa dapat melakukan eksperimen ulang dengan perbaikan set-up eksperimen. - Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi
Aplikasi model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Dengan menggunakan model yang telah diperoleh sebelumnya, mahasiswa mengerjakan proyek/tugas yang diberikan secara berkelompok.
Presentasi dan Refleksi (<i>Synchronous, 70 menit</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil pemodelan dan proyek aplikasi - Mahasiswa lain saling tanya-jawab - Dosen memberikan penguatan dan mengajak mahasiswa untuk refleksi

Media: Power point, Papan tulis digital , Video, Kit eksperimen berbasis Arduino

Sumber Belajar:

1. Modul Belajar Fisika Materi Rangkaian Arus Searah
2. Tipler, E. P. (2004). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Erlangga.
3. Serway & Jewett. (2009). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Jakarta: Salemba Teknika.

Penilaian:

1. Kemampuan berpikir komputasional dengan konteks materi fisika, penilaian menggunakan teknik tes.
2. Keterlibatan mahasiswa, penilaian menggunakan *self-assessment* (angket)

Dipersiapkan oleh:	Diperiksa Oleh:	Disetujui oleh:
Penanggungjawab Mata Kuliah,	Gugus Penjamin Mutu	Kaprodi
Tanggal:	Tanggal:	Tanggal:

Satuan Perkuliahan Online Berbasis Pemodelan II

Mata Kuliah: Fisika Dasar II Beban : 3 SKS	Semester: II
Topik: Rangkaian Listrik Searah Sub-topik: 1. . Rangkaian seri dan paralel 2. Hukum Kirchhoff I dan II	Alokasi waktu <i>Synchronous</i> : 100 menit

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

Memodelkan fenomena kelistrikan pada rangkaian arus searah dan mengaplikasikannya dalam menyelesaikan persoalan yang berkaitan dengan arus listrik, hukum ohm, hambatan dan hambatan jenis, energi listrik searah, hukum I dan II Kirchhoff, dan rangkaian listrik sederhana.

Indikator Pembelajaran:

- Mengidentifikasi rangkaian seri atau paralel pada *breadboard*
- Memecah rangkaian resistor kompleks menjadi rangkaian seri/paralel untuk menentukan hambatan pengganti
- Menyusun langkah penggunaan alat ukur yang paling tepat untuk mengukur besaran listrik.
- Memprediksi hubungan $V-I$ pada rangkaian gabungan beberapa resistor
- Menggambar rangkaian pada breadboard secara diagramatik

Tujuan Pembelajaran

Melalui pembelajaran online fisika berbasis pemodelan, mahasiswa dapat memecahkan persoalan berkaitan dengan konsep dasar rangkaian seri & paralel melalui berpikir dekomposisi, abstraksi, algoritmik, evaluasi, dan generalisasi dengan baik serta

memiliki keterlibatan behavioral, kognitif, sosial, dan emosional yang baik.

Langkah Pembelajaran

Orientasi (<i>Synchronous</i> 30 menit)
<ul style="list-style-type: none"> - Dosen menampilkan video apersepsi tentang rangkaian listrik searah dan menstimulus mahasiswa dengan beberapa pertanyaan. - Mahasiswa merumuskan masalah - Dosen menekankan tujuan pembelajaran dan topik/fenomena yang akan dipelajari - Dosen menjelaskan tugas selanjutnya mahasiswa untuk fase eksplorasi dan pemodelan
Eksplorasi (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa mengakses Lembar Kerja Mahasiswa online di LMS - Mahasiswa melakukan eksperimen mandiri tentang hambatan pengganti seri dan paralel. - Mahasiswa berdiskusi dalam kelompok secara <i>asynchronous</i> - Mahasiswa melaporkan progress eksperimen melalui LMS - Dosen memantau laporan mahasiswa di LMS
Pemodelan (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa melakukan kajian pustaka secara mandiri - Mahasiswa berdiskusi dengan kelompoknya untuk memodelkan hambatan pengganti seri dan paralel. - Hasil diskusi diunggah di LMS - Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi
Evaluasi dan Revisi Model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa mengevaluasi kesesuaian model dengan teori dan melakukan revisi apabila diperlukan

<ul style="list-style-type: none"> - Bila diperlukan, dalam revisi mahasiswa dapat melakukan eksperimen ulang dengan perbaikan set-up eksperimen. - Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi
Aplikasi model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Dengan menggunakan model yang telah diperoleh sebelumnya, mahasiswa mengerjakan proyek/tugas yang diberikan secara berkelompok.
Presentasi dan Refleksi (<i>Synchronous, 70 menit</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil pemodelan dan proyek aplikasi - Mahasiswa lain saling tanya-jawab - Dosen memberikan penguatan dan mengajak mahasiswa untuk refleksi

Media: Power point, Papan tulis digital , Video, Kit eksperimen berbasis Arduino

Sumber Belajar:

1. Modul Belajar Fisika Materi Rangkaian Arus Searah
2. Tipler, E. P. (2004). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Erlangga.
3. Serway & Jewett. (2009). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Jakarta: Salemba Teknika.

Penilaian:

1. Kemampuan berpikir komputasional dengan konteks materi fisika, penilaian menggunakan teknik tes.
2. Keterlibatan mahasiswa, penilaian menggunakan *self-assessment* (angket)

Dipersiapkan oleh:	Diperiksa Oleh:	Disetujui oleh:
Penanggungjawab Mata Kuliah,	Gugus Penjamin Mutu	Kaprodi
Tanggal:	Tanggal:	Tanggal:

Satuan Perkuliahan Online Berbasis Pemodelan III

Mata Kuliah: Fisika Dasar II Beban : 3 SKS	Semester: II
Topik: Rangkaian Listrik Searah Sub-topik: 1. . Rangkaian seri dan paralel 2. Hukum Kirchhoff I dan II	Alokasi waktu <i>Synchronous</i> : 100 menit

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

Memodelkan fenomena kelistrikan pada rangkaian arus searah dan mengaplikasikannya dalam menyelesaikan persoalan yang berkaitan dengan arus listrik, hukum ohm, hambatan dan hambatan jenis, energi listrik searah, hukum I dan II Kirchhoff, dan rangkaian listrik sederhana.

Indikator Pembelajaran:

- Menganalisis arus pada rangkaian multiloop dengan menggunakan aturan Kirchhoff
- Menganalisis tegangan pada rangkaian multiloop dengan menggunakan aturan Kirchhoff
- Mendesain rangkaian yang menghasilkan tegangan / arus tertentu.
- Mengevaluasi ketepatan penggunaan alat ukur listrik

Tujuan Pembelajaran

Melalui pembelajaran online fisika berbasis pemodelan, mahasiswa dapat memecahkan persoalan berkaitan dengan konsep dasar Hukum I dan II Kirchhoff melalui berpikir dekomposisi, abstraksi, algoritmik, evaluasi, dan generalisasi dengan baik serta

memiliki keterlibatan behavioral, kognitif, sosial, dan emosional yang baik.

Langkah Pembelajaran

Orientasi (<i>Synchronous</i> 30 menit)
<ul style="list-style-type: none">- Dosen menampilkan video apersepsi tentang rangkaian listrik searah dan menstimulus mahasiswa dengan beberapa pertanyaan.- Mahasiswa merumuskan masalah- Dosen menekankan tujuan pembelajaran dan topik/fenomena yang akan dipelajari- Dosen menjelaskan tugas selanjutnya mahasiswa untuk fase eksplorasi dan pemodelan
Eksplorasi (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none">- Mahasiswa mengakses Lembar Kerja Mahasiswa online di LMS- Mahasiswa melakukan eksperimen mandiri tentang Aturan Kirchhoff I dan II- Mahasiswa berdiskusi dalam kelompok secara <i>asynchronous</i>- Mahasiswa melaporkan progress eksperimen melalui LMS- Dosen memantau laporan mahasiswa di LMS
Pemodelan (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none">- Mahasiswa melakukan kajian pustaka secara mandiri- Mahasiswa berdiskusi dengan kelompoknya untuk memodelkan Aturan I dan II Kirchhoff- Hasil diskusi diunggah di LMS- Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi

Evaluasi dan Revisi Model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa mengevaluasi kesesuaian model dengan teori dan melakukan revisi apabila diperlukan - Bila diperlukan, dalam revisi mahasiswa dapat melakukan eksperimen ulang dengan perbaikan set-up eksperimen. - Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi
Aplikasi model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Dengan menggunakan model yang telah diperoleh sebelumnya, mahasiswa mengerjakan proyek/tugas yang diberikan secara berkelompok.
Presentasi dan Refleksi (<i>Synchronous, 70 menit</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil pemodelan dan proyek aplikasi - Mahasiswa lain saling tanya-jawab - Dosen memberikan penguatan dan mengajak mahasiswa untuk refleksi

Media: Power point, Papan tulis digital , Video, Kit eksperimen berbasis Arduino

Sumber Belajar:

1. Modul Belajar Fisika Materi Rangkaian Arus Searah
2. Tipler, E. P. (2004). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Erlangga.
3. Serway & Jewett. (2009). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Jakarta: Salemba Teknika.

Penilaian:

1. Kemampuan berpikir komputasional dengan konteks materi fisika, penilaian menggunakan teknik tes.
2. Keterlibatan mahasiswa, penilaian menggunakan *self-assessment* (angket)

Dipersiapkan oleh:	Diperiksa Oleh:	Disetujui oleh:
Penanggungjawab Mata Kuliah,	Gugus Penjamin Mutu	Kaprodi
Tanggal:	Tanggal:	Tanggal:

Satuan Perkuliahan Online Berbasis Pemodelan IV

Mata Kuliah: Fisika Dasar II Beban : 3 SKS	Semester: II
Topik: Rangkaian Listrik Searah (DC) Sub-topik: 1. . Rangkaian resistor-kapasitor	Alokasi waktu <i>Synchronous</i> : 100 menit

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah:

Memodelkan fenomena kelistrikan pada rangkaian arus searah dan mengaplikasikannya dalam menyelesaikan persoalan yang berkaitan dengan arus listrik, hukum ohm, hambatan dan hambatan jenis, energi listrik searah, hukum I dan II Kirchhoff, dan rangkaian listrik sederhana.

Indikator:

- Menyusun model matematis tegangan kapasitor yang dihubungkan dengan resistor dan sumber tegangan
- Mengimplementasikan *flowchart* program pengontrol rangkaian *RC*
- Membandingkan konstanta waktu pada beberapa bagian rangkaian *RC*
- Mengevaluasi ketepatan penggunaan alat ukur listrik

Tujuan Pembelajaran

Melalui pembelajaran online fisika berbasis pemodelan, mahasiswa dapat memecahkan persoalan berkaitan dengan rangkaian *RC* melalui berpikir dekomposisi, abstraksi, algoritmik, evaluasi, dan generalisasi dengan baik serta memiliki keterlibatan behavioral, kognitif, sosial, dan emosional yang baik.

Langkah Pembelajaran

Orientasi (<i>asynchronous</i> dan <i>synchronous</i> 30 menit)
<ul style="list-style-type: none">- Dosen menampilkan apersepsi dan beberapa pertanyaan stimulus- Mahasiswa merumuskan masalah- Dosen menekankan tujuan pembelajaran dan topik/fenomena yang akan dipelajari- Dosen menjelaskan tugas selanjutnya mahasiswa untuk fase eksplorasi dan pemodelan
Eksplorasi (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none">- Mahasiswa mengakses Lembar Kerja Mahasiswa online di LMS- Mahasiswa melakukan eksperimen mandiri tentang rangkaian kapasitor-resistor- Mahasiswa berdiskusi dalam kelompok secara <i>asynchronous</i>- Mahasiswa melaporkan progress eksperimen melalui LMS- Dosen memantau laporan mahasiswa di LMS
Pemodelan (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none">- Mahasiswa melakukan kajian pustaka secara mandiri.- Mahasiswa berdiskusi dengan kelompoknya untuk memodelkan perilaku tegangan kapasitor saat proses pengisian dan pengosongan kapasitor.- Hasil diskusi diunggah di LMS- Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi

Evaluasi dan Revisi Model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa melakukan kajian pustaka terkait dengan model yang sudah mereka susun - Mahasiswa mengevaluasi kesesuaian model dengan teori dan melakukan revisi apabila diperlukan - Bila diperlukan, dalam revisi mahasiswa dapat melakukan eksperimen ulang dengan perbaikan set-up eksperimen. - Dosen memantau progress mahasiswa dan menyediakan waktu untuk konsultasi
Aplikasi model (<i>asynchronous</i>)
<ul style="list-style-type: none"> - Dengan menggunakan model yang telah diperoleh sebelumnya, mahasiswa mengerjakan proyek/tugas yang diberikan secara berkelompok.
Presentasi dan Refleksi (<i>Synchronous</i>, 70 menit)
<ul style="list-style-type: none"> - Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil pemodelan dan proyek aplikasi - Mahasiswa lain saling tanya-jawab - Dosen memberikan penguatan dan mengajak mahasiswa untuk refleksi

Media: Power point, Papan tulis digital , Video, Kit eksperimen berbasis Arduino

Sumber Belajar:

1. Modul Belajar Fisika Materi Rangkaian Arus Searah
2. Tipler, E. P. (2004). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Erlangga.
3. Serway & Jewett. (2009). Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 2 (terjemahan). Jakarta: Salemba Teknika.

Penilaian:

1. Kemampuan berpikir komputasional dengan konteks materi fisika, penilaian menggunakan teknik tes.
2. Keterlibatan mahasiswa, penilaian menggunakan *self-assessment* (angket)

Dipersiapkan oleh:	Diperiksa Oleh:	Disetujui oleh:
Penanggungjawab Mata Kuliah,	Gugus Penjamin Mutu	Kaprodi
Tanggal:	Tanggal:	Tanggal:

DAFTAR PUSTAKA

- Appleton, J. J., Christenson, S. L., Kim, D., & Reschly, A. L. (2006). Measuring cognitive and psychological engagement: Validation of the Student Engagement Instrument. *Journal of School Psychology, 44*, 427–445. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.04.002>
- Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach*. McGraw Hill.
- Asbell-Clarke, J., Rowe, E., Almeda, V., Edwards, T., Bardar, E., Gasca, S., Baker, R. S., & Scruggs, R. (2021). The development of students' computational thinking practices in elementary- and middle-school classes using the learning game, Zoombinis. *Computers in Human Behavior, 115*, 106587. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106587>
- Axelson, R. D., & Flick, A. (2011). Defining Student Engagement. *Change: The Magazine of Higher Learning, 43*(1), 37–41. <https://doi.org/10.1080/00091383.2011.533096>
- Bächtold, M. (2013). What Do Students “Construct” According to Constructivism in Science Education? *Research in Science Education, 43*, 2477–2496. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9369-7>
- Beard, C., & Wilson, J. P. (2013). *Experiential Learning: A Handbook for Education, Training, and Coaching*. KoganPage.
- Behera, S. K. (2013). E-and M-Learning: A comparative study. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications, 4*(3), 65–78.
- Benton, S. L. (1997). Psychological Foundations of Elementary Writing Instruction. In G. D. Phye (Ed.), *Handbook of Academic Learning: Construction of Knowledge* (p. 252). Academic Pres.

- Boydell, T. (1976). *Experiential Learning*. Department of Adult Education, University of Manchester.
- Brewe, E., & Sawtelle, V. (2018). Modelling instruction for university physics : examining the theory in practice. *European Journal of Physics*, 39, 054001. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1361-6404/aac236>
- Burch, G. F., Heller, N. A., Burch, J. J., Freed, R., & Steed, S. A. (2015). Student Engagement : Developing a Conceptual Framework and Survey Instrument. *Journal of Education for Business*, 90, 224–229. <https://doi.org/10.1080/08832323.2015.1019821>
- Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A Review of Modeling Pedagogies : Pedagogical Functions , Discursive Acts , and Technology in Modeling Instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(1), 159–176. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1314a>
- Cascarosa, E., Carlos Sanchez-Azqueta, Aldea, C., & Gimeno, C. (2020). Model-based teaching of physics in higher education : a review of educational strategies and cognitive improvements. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(1), 33–47. <https://doi.org/10.1108/JARHE-11-2019-0287>
- Cetin, I., & Dubinsky, E. (2017). Reflective abstraction in computational thinking. *Journal of Mathematical Behavior*, 47(July), 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2017.06.004>
- Coates, H., & Coates, H. (2007). A model of online and general campus-based student engagement. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 32(1), 37–41. <https://doi.org/10.1080/02602930600801878>
- Constantinou C.P., Nicolaou C.T., P. M. (2019). A Framework for Modeling-Based Learning, Teaching, and Assessment. In van

- D. J. Upmeier zu Belzen A., Krüger D. (Ed.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Springer.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_3
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational thinking A guide for teachers*.
<http://computingschool.org.uk/computationalthinking>
- Curzon, P., McOwan, P. W., Plant, N., & Meagher, L. R. (2014). Introducing teachers to computational thinking using unplugged storytelling. *ACM Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 89–92.
- Dixson, M. D. (2015). Measuring Student Engagement in the Online Course : The Online Student Engagement Scale (OSE). *Online Learning*, 19(4).
- Doleck, T., Bazalais, P., Lemay, D. J., Saxena, A., & Basnet, R. B. (2017). Algorithmic thinking, cooperativity, creativity, critical thinking, and problem solving: exploring the relationship between computational thinking skills and academic performance. *Journal of Computers in Education*, 4(355–369).
<https://doi.org/10.1007/s40692-017-0090-9>
- Dounas-Frazer, D. R., & Lewandowski, H. J. (2018). The Modeling Framework for Experimental Physics: Description, development, and applications. *European Journal of Physics*, 39(6), 064005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1361-6404/aae3ce>
- Dukerich, L. (2015). Applying Modeling Instruction to High School Chemistry To Improve Students ' Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education*, 92, 1315–1319. <https://doi.org/10.1021/ed500909w>

- Dwyer, H. A., Boe, B., Hill, C., Franklin, D., & Harlow, D. (2014). Computational Thinking for Physics: Programming Models of Physics Phenomenon in Elementary School. *PERC Proceedings*, 133–136. <https://doi.org/10.1119/perc.2013.pr.021>
- Etkina, E., Warren, A., Gentile, M., Etkina, E., & Warren, A. (2006). The Role of Models in Physics Instruction. *The Physics Teacher*, 44, 34. <https://doi.org/10.1119/1.2150757>
- Falloon, G. (2019). Using simulations to teach young students science concepts: An Experiential Learning theoretical analysis. *Computers & Education*, 135, 138–159. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.001>
- Farrell, O., & Brunton, J. (2020). A balancing act : a window into online student engagement experiences. *International Journal of Education Teachnology in Higher Education*, 17, 25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41239-020-00199-x>
- Finn, J. D., & Zimmer, K. S. (2012). Student Engagement : What Is It? Why Does It Matter? In *Handbook of research on student engagement* (pp. 97–131). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7>
- Fletcher, A. (2015). *Defining Student Engagement: A Literature Review*. <https://soundout.org/defining-student-engagement-a-literature-review/>
- Gilbert, J. K., Boulter, C. (2012). *Developing models in science education*. Springer Science & Business Media.
- Glaserfeld, E. von. (1998). Cognition, Construction of Knowledge, and Teaching. In M. R. Matthews (Ed.), *Constructivism in Science Education: A Philosophical Examination* (pp. 11–30). Springer Science+Business Media.

- Gretter, S., & Yadav, A. (2016). Computational Thinking and Media & Information Literacy : An Integrated Approach to Teaching Twenty-First Century Skills. *TechTrends*, 60(5), 510–516. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0098-4>
- Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come. In S. Sentance, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School* (pp. 19–38). Bloomsbury.
- Gunuc, S., & Kuzu, A. (2016). Student engagement scale : development , reliability and validity. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 2938(December), 1–24. <https://doi.org/10.1080/02602938.2014.938019>
- Hadiati, S., Kuswanto, H., Rosana, D., & Pramuda, A. (2019). The Effect of Laboratory Work Style and Reasoning with Arduino to Improve Scientific Attitude. *International Journal of Instruction*, 12(2), 321–336. <https://doi.org/https://doi.org/10.29333/iji.2019.12221a>
- Halloun, I. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019–1041. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199611\)33:9%3C1019::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-I](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199611)33:9%3C1019::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-I)
- Hamane, A. C. (2014). *Student Engagement in an Online Course and its Impact on Student Success* [Pepperdine University Graduate]. <http://pqdtopen.proquest.com/doc/1518130624.html?FMT=A-BS>
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55, 440. <https://doi.org/10.1119/1.15129>

- Hidayah, I. N., Sa'dijah, C., Subanji, & Sudirman. (2021). The students ' cognitive engagement in online mathematics learning in the pandemic Covid-19 era. *AIP Conference Proceedings*, 040010(March).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0043567>
- Hu, S., & Kuh, G. D. (2002). Being (Dis)Engaged in Educationally Purposeful Activities: The Influences of Student and Institutional Characteristics. *Research in Higher Education*, 43(5), 555–575.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1020114231387>
- Hussain, M., Zhu, W., Zhang, W., Muhammad, S., & Abidi, R. (2018). Student Engagement Predictions in an e-Learning System and Their Impact on Student Course Assessment Scores. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2018.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/6347186>
- Hutchins, N. M., Biswas, G., Maróti, M., Lédeczi, Á., Grover, S., Wolf, R., Blair, K. P., Chin, D., Conlin, L., Basu, S., & Mcelhaney, K. (2020). C2STEM : a System for Synergistic Learning of Physics and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 83–100.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10956-019-09804-9>
- ISTE, & CSTA. (2011). *Computational Thinking in K-12 Education Leadership Toolkit*.
- Joyce, B., & Weil, M. (2003). *Models of Teaching* (5th ed.). Prentice Hall of India.
- Juškevičienė, A., & Dagienė, V. (2018). Computational Thinking Relationship with Digital Competence. *Informatics in Education*, 17(2), 265–284.
<https://doi.org/10.15388/infedu.2018.14>

- Juškevičienė, A., Stupurienė, G., & Jevsikova, T. (2020). Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education. *Computer Applications in Engineering Education*, January, 1–16. <https://doi.org/10.1002/cae.22365>
- Katai, Z. (2015). The challenge of promoting algorithmic thinking of both sciences- and humanities-oriented learners. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31, 287–299. <https://doi.org/10.1111/jcal.12070>
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2017). Experiential Learning Theory as a Guide for Experiential Educators in Higher Education. *ELTHE: A Journal for Engaged Educators*, 1(1), 6–44.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Pearson Education.
- Krajcik, J., & Merritt, J. (2012). Engaging Students in Scientific Practices : What does constructing and revising models look like in the science classroom. *The Science Teacher*, 79(3), 38.
- Krauss, J., & Prottzman, K. (2016). *Computational Thinking and Coding for Every Student: The Teacher's Getting-Started Guide*. Corwin Press.
- Lee, I., Grover, S., Martin, F., Pillai, S., & Malyn-smith, J. (2020). Computational Thinking from a Disciplinary Perspective : Integrating Computational Thinking in K-12 Science , Technology , Engineering , and Mathematics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10956-019-09803-w>
- Lee, J., Song, H., & Hong, A. J. (2019). Exploring Factors , and Indicators for Measuring Students ' Sustainable Engagement in e-Learning. *Sustainability*, 11, 985. <https://doi.org/10.3390/su11040985>

- Li, K., & Keller, J. M. (2018). Use of the ARCS model in education: A literature review. *Computers and Education*, 122(March), 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.019>
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education : cognitive , metacognitive , social , material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64(4), 471–492. <https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748>
- Mcpadden, D., & Brewe, E. (2017). Impact of the second semester University Modeling Instruction course on students' representation choices. *Physical Review Physics Education Research*, 13, 020129. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020129>
- Mcpadden, D., Brewe, E., Monsalve, C., & Sawtelle, V. (2020). Productive faculty resources activated by curricular materials : An example of epistemological beliefs in University Modeling Instruction. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 20158. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020158>
- Merlin-knoblich, C., Chase, L., Smith, J. D., Opiola, K. K., Chase, L., Smith, J. D., Opiola, K. K., Merlin-knoblich, C., Chase, L., Smith, J. D., & Opiola, K. K. (2020). A Comparison of Student Engagement in Flipped , Active Lecture , and Online Counseling Courses A Comparison of Student Engagement in Flipped , Active Lecture , and Online Counseling Courses. *Journal of Creativity in Mental Health*, 00(00), 1–14. <https://doi.org/10.1080/15401383.2020.1822245>
- Mintzes, J. J. (2021). From Constructivism to Active Learning in College Science. In J. J. Mintzes & E. M. Walter (Eds.), *Active Learning in College Science* (pp. 3–12).

- Mosher, R., & MacGowan, B. (1985). *Assessing Student Engagement in Secondary Schools: Alternative Conceptions, Strategies of Assessing, and Instruments*. <https://eric.ed.gov/?id=ED272812> (accessed
- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence : A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, *13*, 52–73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001>
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models : An overview What Teachers of Science Need to Know about Models : An overview. *International Journal of Science Education*, *33*(8), 1109–1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Ornstein, A. C., & Levine, D. U. (2008). *Foundations of Education* (10th ed.). Houghton Mifflin Company.
- Papaevripidou, M., Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). On Defining and Assessing Learners' Modeling Competence in Science Teaching and Learning. *Annual Meeting of American Educational Research Association (AERA)*.
- Park, S. K. (2016). Exploring the argumentation pattern in modeling-based learning about apparent motion of Mars. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *12*(1), 87–107. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1423a>
- Passmore, C., Gouvea, J. S., & Giere, R. (2014). Models in Science and in Learning Science : Focusing Scientific Practice on Sense-making. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1171–1202). <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8>

- Perets, E. A., Chabeda, D., Gong, A. Z., Huang, X., Fung, T. S., Ng, K. Y., Bathgate, M., & Yan, E. C. Y. (2020). Impact of the Emergency Transition to Remote Teaching on Student Engagement in a Non-STEM Undergraduate Chemistry Course in the Time of COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2439–2447. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00879>
- Pratidhina, E., Rosana, D., Kuswanto, H., & Dwandaru, W. S. B. (2021). Using Arduino and online programming language for physics practical work. *Physics Education*, 56, 055028. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac12a6>
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2011). Evaluation of a Design Principle for Fostering Students' Epistemological Views on Models and Modelling Using Authentic Practices as Contexts for Learning in Chemistry Education. *International Journal of Science Education*, 33(11), 1539–1569. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.519405>
- Psycharis, S., & Kotzampasaki, E. (2019). The Impact of a STEM Inquiry Game Learning Scenario on Computational Thinking and Computer Self-confidence. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 15(4), 1689. <https://doi.org/10.29333/ejmste/103071>
- Rich, K. M., Yadav, A., & Schwarz, C. V. (2019). Computational Thinking, Mathematics, and Science: Elementary Teachers' Perspectives on Integration. *Journal of Technology and Teacher Education*, 27, 165–205.
- Ropika, D., Suhandi, A., & Muslim, M. (2019). Enhancing vocation students physics problem-solving skills through modeling instruction applying on the direct current circuit. *Journal of Physics Conference Series*, 1157, 032048. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032048>

- Schunk, D. H. (2012). *Learning Theories: An Educational Perspective*. Pearson.
- Selby, C. C., & Woollard, J. (2013). Computational Thinking : The Developing Definition. *Special Interest Group on Computer Science Education*.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Soffer, T., & Cohen, A. (2019). Students' engagement characteristics predict success and completion of online courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(3), 378–389. <https://doi.org/10.1111/jcal.12340>
- Stammen, A. N., Malone, K. L., & Irving, K. E. (2018). Effects of Modeling Instruction Professional Development on Biology Teachers' Scientific Reasoning Skills. *Education Sciences*, 8, 119. <https://doi.org/10.3390/educsci8030119>
- Stefenel, D., & Neagos, I. (2020). Measuring academic engagement among university students in Romania during COVID-19 pandemic. *Thesis*, 9(2), 3–29.
- Student Engagement*. (2016, February 18) *The Glossary of Education Reform*. Retrieved Juni 10, 2022, From <http://www.edglossary.org/student-engagement/>
- Sujarwanto, E., & Hidayat, A. (2014). Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika pada Modeling Instruction pada Siswa SMA Kelas XI. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(1), 65–78.
- Tsivitanidou, O. E., & Constantinou, C. P. (2018). Reciprocal peer assessment as a learning tool for secondary school students in modeling-based learning. *European Journal of Psychology of Education*, 33, 51–73. <https://doi.org/10.1007/s10212-017-0341-1>

- Wang, J., Guo, D., & Jou, M. (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.043>
- Wang, M., Fredricks, J. A., Ye, F., Hofkens, T. L., & Schall, J. (2016). The Math and Science Engagement Scales: Scale development, validation, and psychometric properties. *Learning and Instruction*, 43, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.01.008>
- Weber, J., & Wilhelm, T. (2020). The benefit of computational modelling in physics teaching: a historical overview. *European Journal of Physics*, 41, 034003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7a7f>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wester, E. R., Walsh, L. L., Arango-caro, S., & Callis-duehl, K. L. (2020). Student Engagement Declines in STEM Undergraduates during COVID-19 – Driven Remote Learning. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 22(1), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1128/jmbe.v22i1.2385>
Student
- Widodo, W., Sari, D. A. P., Suyanto, T., Martini, M., & Inzanah, I. (2020). Pengembangan keterampilan pemodelan matematis bagi calon guru IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(2), 146–155. <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i2.27042>

- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). *Beyond the Scientific Method : Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations*. 941–967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Wing, J. M. (2016). *Computational thinking, 10 years later*. Microsoft. <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/computational-thinking-10-years-later/>
- Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational Thinking for All : Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. *TechTrends*, 60, 565–568. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Yin, Y., Hadad, R., Tang, X., & Lin, Q. (2020). Improving and Assessing Computational Thinking in Maker Activities : the Integration with Physics and Engineering Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 189–214. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09794-8>
- Zhoc, K. C. H., Webster, B. J., King, R. B., Li, J. C. H., & Chung, T. S. H. (2018). Higher Education Student Engagement Scale (HESES): Development and Psychometric Evidence. *Research in Higher Education*, 60, 219–244. <https://doi.org/10.1007/s11162-018-9510-6>

PROFIL PENULIS



Elisabeth Pratidhina, menyelesaikan pendidikan master di Department of Physics, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Republic of Korea. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan doktoral di Universitas Negeri Yogyakarta dan mengajar di Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Indonesia.



Heru Kuswanto menyelesaikan pendidikan doktoral pada bidang fisika di Jean Monnet University, France. Saat ini menjadi professor di Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta. Topik penelitian yang ditekuni adalah optoelektronika dan pembelajaran fisika dengan mobile learning.



Dadan Rosana menyelesaikan pendidikan doktoral pada bidang pendidikan dari Universitas Negeri Yogyakarta. Saat ini menjadi professor di Program Studi Pendidikan Sains, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.