

**PENGEMBANGAN LKPD *SELF-PACED LEARNING* BERBASIS 3D-  
*LEARNING FRAMEWORK* PADA MATERI USAHA DAN ENERGI**

TESIS

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat  
untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Fisika



oleh

Firman Nugraha

1906768

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2023**

**PENGEMBANGAN LKPD SELF-PACED LEARNING BERBASIS 3D-  
LEARNING FRAMEWORK PADA MATERI USAHA DAN ENERGI**

Oleh  
Firman Nugraha

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Program Studi Pendidikan Fisika

© Firman Nugraha 2023  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Januari 2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang  
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

**FIRMAN NUGRAHA**

**PENGEMBANGAN LKPD SELF-PACED LEARNING BERBASIS 3D-  
LEARNING FRAMEWORK PADA MATERI USAHA DAN ENERGI**

disetujui dan disahkan untuk mengikuti ujian sidang tahap II oleh:

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



**Dr. Ridwan Efendi, M.Pd.**

NIP. 197701102008011011

Pembimbing II



**Dr. Winny Liliawati, M.Si.**

NIP. 197812182001122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika



**Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si.**

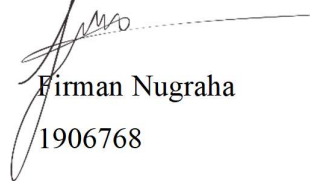
NIP. 195904011986011001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “PENGEMBANGAN LKPD SELF-PACED LEARNING BERBASIS 3D-LEARNING FRAMEWORK PADA MATERI USAHA DAN ENERGI” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2023

Pembuat pernyataan,



Firman Nugraha  
1906768

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur bagi Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah memberikan jalan bagi penulis untuk melaksanakan seluruh rangkaian proses penelitian tesis yang berjudul “PENGEMBANGAN LKPD SELF-PACED LEARNING BERBASIS 3D-LEARNING FRAMEWORK PADA MATERI USAHA DAN ENERGI.”

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian dan penyusunan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan baik dalam bentuk isi maupun penyajian. Dengan demikian kritik, saran dan masukan yang membangun akan sangat membantu penulis demi perbaikan di masa mendatang.

Tak lupa, penulis bermaksud menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga Allah membalas dengan kebaikan yang lebih baik dan melimpah. Selain itu, penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat khususnya bagi pembaca dan umumnya bagi kemajuan bidang pendidikan.

Bandung, September 2022

Penulis,



Firman Nugraha

NIM 1906768

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat bersyukur atas kehadiran berbagai pihak yang telah menjadi *washilah* bantuan Allah *subhanahu wa ta'ala* bagi keberhasilan penelitian dan penyusunan tesis ini. Dengan demikian penulis bermaksud menyampaikan terimakasih kepada:

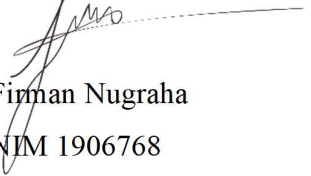
1. Bapak Dr. Ridwan Efendi, M.Pd. selaku Pembimbing I yang senantiasa mendukung dan membimbing penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini;
2. Ibu Dr. Winny Liliawati, M.Si. selaku Pembimbing II yang senantiasa mendukung dan membimbing penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini;
3. Ibu Irma Rahma Suwarma, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah berdedikasi penuh dalam membimbing penulis dari awal menempuh pendidikan magister hingga sepanjang pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini;
4. Bapak Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si. sebagai Ketua Departemen Pendidikan Fisika sekaligus Ketua Program Studi S2 Pendidikan Fisika yang telah membantu mengayomi berbagai kebutuhan akademik penulis selama menempuh studi;
5. Kedua orang tua penulis yaitu bapak Drs. Dede Ismail dan ibu Nina Turlina, S.Pd. atas dukungan dan bantuan finansial, moral, dan motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan studi;
6. Bapak Dr. Parsaoran Siahaan, M.Pd, Bapak Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si. dan Ibu Dr. Selly Feranie, S.Pd, M.Si atas kesediaannya melakukan review terhadap LKPD yang telah dikembangkan
7. Rekan-rekan guru dan peserta didik Kelas XI MIPA SMAN 5 Garut yang telah berpartisipasi aktif dalam mengikuti pembelajaran dan pengujian LKPD yang dikembangkan;
8. Witta Endah Indriawati atas dukungan moral dan emosional untuk penulis agar senantiasa bersemangat dalam mengerjakan karya tulis ilmiah ini.
9. Kakak penulis Isna Krisnawati dan Dimas Aditya yang senantiasa

menyemangati penulis untuk menyelesaikan tugas akhir program studi S2;  
10. Rekan-rekan angkatan Program Studi S2 Pendidikan Fisika 2019 yang senantiasanya menjadi lingkungan tumbuh yang suportif dalam menjalani studi magister, namun tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah balas setiap kebaikan dengan kebaikan lain yang lebih baik dan berlipat ganda.

Bandung, Januari 2023

Penulis,



Firman Nugraha

NIM 1906768

## PENGEMBANGAN LKPD SELF-PACED LEARNING BERBASIS 3D-LEARNING FRAMEWORK PADA MATERI USAHA DAN ENERGI

Firman Nugraha  
1906768

### ABSTRAK

Pendidikan Indonesia mengalami perubahan setelah pandemi COVID-19 terjadi. Pemerintah mengusung penyederhanaan konten kurikulum dan mendorong untuk mengalihkan fokus pembelajaran dari pembelajaran berbasis konten menjadi berbasis kompetensi yang holistik sesuai dengan personal peserta didik melalui Kurikulum Merdeka. Kerangka belajar tiga dimensi memiliki *Learning Progression* (LP) atau kemajuan belajar setiap jenjang yang bisa menjadi acuan penyusunan penyederhanaan pembelajaran sebagaimana dikehendaki Kurikulum Merdeka. Kerangka pembelajaran *Self-Paced Learning* memberikan kesempatan untuk peserta didik untuk belajar sesuai dengan kemampuannya masing-masing. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun LKPD yang memiliki tingkat kesulitan berjenjang memanfaatkan kerangka belajar tiga dimensi dan *Self-Paced Learning*. Metode penelitian ini menerapkan *mixed methods* dengan desain penelitian menggunakan *Exploratory Design: Instrument Development Model*. Metode ini menekankan penelitian kualitatif untuk menjadi dasar pengembangan instrumen sebelum di kaji secara kuantitatif. 262 peserta didik, sepuluh guru, dan tiga dosen ahli terlibat sebagai partisipan dalam penelitian ini. Berdasarkan penelitian kualitatif ditemukan bahwa pembelajaran di sekolah masih menekankan pembelajaran konten dengan sedikit sekali jumlah eksperimen yang dilakukan tanpa mempertimbangkan perbedaan kemampuan peserta didik. Hal ini mendorong pengembangan LKPD 3D-*Self Paced Learning* dengan materi ajar fisika yang dikembangkan yaitu usaha dan energi. Hasil penelitian kuantitatif pada LKPD 3D-*Self Paced Learning* menunjukkan bahwa desain LKPD yang dikembangkan memiliki unidimensionalitas, validitas, dan reliabilitas yang baik secara keseluruhan. Peserta didik yang mengikuti uji coba implementasi LKPD 3D-*Self Paced Learning* pada materi usaha dan energi memiliki nilai baik pada LKPD level 1 dan 2 tetapi kurang baik pada LKPD level 3.

**Kata Kunci:** Pembelajaran Tiga Dimensi, LKPD, Usaha, Energi, *Many Facet Rasch Measurement*



**DEVELOPMENT OF *SELF-PACED LEARNING LEARNING TASKS* BASED ON *3D-Learning Framework* ON WORK AND ENERGY**

**Firman Nugraha  
1906768**

**ABSTRACT**

Indonesian education has changed after the COVID-19 pandemic occurred. The government promotes the simplification of curriculum content and encourages to shift the focus of learning from content-based learning to competency-based holistic according to the personal learners through the Independent Curriculum. The kerangka belajar tiga dimensi framework has Learning Progression (LP) or learning progress at each level which can be a reference for preparing simplified learning as desired by the Independent Curriculum. The *Self-Paced Learning* learning framework provides opportunities for students to learn according to their individual abilities. This study aims to compile worksheets that have tiered difficulty levels using a kerangka belajar tiga dimensi framework and *Self-Paced Learning*. This research method applies a mixed methods with a research design using Exploratory Design: Instrument Development Model. This method emphasizes qualitative research to become the basis for instrument development before being examined quantitatively. 262 students, ten teachers, and three expert lecturers were involved as participants in this study. Based on qualitative research it was found that learning in schools still emphasizes content learning with very few experiments conducted without considering the differences in students' abilities. This encourages the development of 3D-Self Paced Learning *learning task* with the developed physics teaching materials, namely work and energy. The results of the quantitative research on the 3D-Self Paced Learning *learning task* show that the design of the *learning task* developed has overall good unidimensionality, validity and reliability. Students who took part in the trial implementation of the 3D-Self Paced Learning *learning task* on work and energy had good scores on level 1 and 2 *learning task* but did not perform well on level 3 *learning task*.

**Keywords:** Three-Dimensional Learning, Learning tasks, work, energy  
Many Facet Rasch Measurement

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Manfaat/Signifikansi Penelitian.....	7
1.5 Definisi Operasional Variabel.....	8
1.6 Struktur Organisasi Penelitian .....	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	12
2.1 Kerangka belajar tiga dimensi .....	12
2.2 Hakikat dan Pengembangan LKPD untuk Mendukung <i>Three-Dimensional Learning</i> .....	16
2.3 Kemajuan Pembelajaran (LP) Pada <i>Three-Dimensional Learning</i> .....	21
2.4 LKPD berdasarkan Kompetensi pada Materi Usaha dan Energi.....	22
2.5 Kajian <i>Self-Paced Learning</i> .....	27
2.6 Kerangka <i>Self-Paced Learning</i> .....	33
2.6.1 Kerangka SELF .....	33
2.6.2 Kerangka Schematic <i>Self-Paced Learning</i> .....	34
2.7 Penelitian Relevan .....	38
2.8 Kerangka Pikir Penelitian .....	40
BAB III METODE PENELITIAN .....	42
3.1 Desain Penelitian .....	42

3.2 Partisipan Penelitian.....	43
3.3 Populasi dan Sampel .....	43
3.4 Instrumen Penelitian .....	43
3.4.1 Dokumen Kurikulum dan Dokumen Pembelajaran di Sekolah .....	44
3.4.2 Lembar Kuisisioner .....	44
3.4.3 Lembar wawancara terstruktur.....	45
3.4.4 Lembar validasi logis .....	46
3.4.5 Lembar Keterbacaan.....	47
3.4.6 LKPD 3D <i>Self-Paced Learning</i> dan Rubrik Penilaiannya .....	47
3.5 Prosedur Penelitian .....	47
3.6 Analisis Data .....	50
3.6.1 Data Kualitatif .....	50
3.6.2 Data Kuantitatif .....	51
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Studi Kualitatif.....	57
4.1.1 Temuan Dokumen Kurikulum.....	57
4.1.2 Temuan Kuisisioner Guru dan Peserta didik .....	62
4.1.3 Temuan Wawancara Guru dan Peserta didik .....	68
4.1.4 Temuan Perangkat Ajar.....	76
4.1.5 Rangkuman temuan Kualitatif.....	81
4.1.6 Triangulasi Data .....	82
4.2 Pengembangan Produk.....	85
4.2.1 Batasan Pengembangan Penelitian.....	85
4.2.2 Pemilihan Capaian Pembelajaran .....	86
4.2.3 Pengembangan <i>Performance Expectancy (PE)</i> dan <i>Learning Objective (LO)</i> .....	88
4.3 Studi Kuantitatif.....	97
4.3.1 Penyusunan Prototipe 1 .....	97
4.3.2 Validasi Logis.....	99
4.3.3 Penyusunan Prototipe 2 .....	106
4.3.4 Uji Terbatas dan Analisis Keterbacaan .....	109
4.3.5 Penyusunan Prototipe 3 .....	115

4.3.6	Uji Luas dan Validasi Empiris .....	117
4.3.7	Profil Kemampuan Peserta Didik.....	127
4.3.8	Rangkuman temuan Kuantitatif.....	136
4.4	Analisis Temuan dan Pembahasan.....	137
4.4.1	Kekurangan Reliabilitas LKPD Level 1 dan Potensi Unexpected Response.....	138
4.4.2	Hubungan Temuan Kualitatif dan Kuantitatif.....	141
4.4.3	<i>Cognitive Load Theory</i> (Teori Beban Kognitif) Pada Setiap LKPD..	142
4.4.4	Analisis <i>Scaffolding</i> LKPD 3D <i>Self-Paced Learning</i> untuk Materi Usaha dan Energi.....	144
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI.....		146
5.1	Simpulan .....	146
5.2	Implikasi .....	148
5.3	Rekomendasi.....	148
DAFTAR PUSTAKA .....		150
LAMPIRAN-LAMPIRAN .....		163

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kerangka Kerja Kerangka belajar tiga dimensi NGSS.....	12
Tabel 2.2 Kriteria respon item uraian dan pilihan ganda yang dibangun dan dipilih untuk praktik saintifik (scientific practices) kategori <i>Develop and Using Models</i> dari 3D-LAP. ....	18
Tabel 2.3 Contoh pemetaan core ideas dari kerangka pembelajaran tiga dimensi dan kurikulum pada kimia. ....	24
Tabel 2.4 Hubungan antara core ideas dan topik pembelajaran pada kimia.....	25
Tabel 2.5 Ringkasan artikel penelitian yang disertakan .....	30
Tabel 2.6 Kerangka SELF untuk <i>Self-Paced Learning</i> .....	34
Tabel 2.7 Tabel Ringkasan Topik Dari Penelitian Relevan.....	40
Tabel 3.1 Kualitas LKPD Berdasarkan LORI 2.0 .....	47
Tabel 3.2 Kriteria Unidimensionality .....	52
Tabel 3.3 Kriteria Penerimaan Outfit Mnsq, Outfit Zstd dan PT Measure Correlation .....	53
Tabel 3.4 Kriteria Person Reliability dan Item Reliability .....	54
Tabel 3.5 Kriteria Daya Pembeda .....	55
Tabel 3.6 Kriteria Tingkat Kesukaran.....	56
Tabel 4.1 Ilustrasi Materi Ajar Kelas X.....	60
Tabel 4.2 Domain <i>Physical Science</i> dari Kerangka Belajar Tiga Dimensi .....	61
Tabel 4.3 Hasil Kuisisioner <i>3D-Science and Engineering Practice</i> .....	63
Tabel 4.4 Hasil Kuisisioner <i>3D Crosscutting-Concept</i> .....	65
Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Studi kualitatif .....	81
Tabel 4.6 Silabus Fisika untuk Pembelajaran Materi Usaha dan Energi .....	86
Tabel 4.7 Tiga Tahap <i>Performance Expectancy</i> (PE) Untuk Penelitian Ini .....	90
Tabel 4.8 Tabel Pemetaan 3D dari Materi Usaha dan Energi pada PE-1 .....	90
Tabel 4.9 Tabel Pemetaan 3D dari Materi Usaha dan Energi pada PE-2 .....	91
Tabel 4.10 Tabel Pemetaan 3D dari Materi Usaha dan Energi pada PE-3 .....	91
Tabel 4.11 Pemetaan <i>Learning Objective</i> (LO) dan <i>Learning Progression</i> (LP) dari PE-1 .....	92
Tabel 4.12 Pemetaan <i>Learning Objective</i> (LO) dan <i>Learning Progression</i> (LP) dari PE-2 .....	93
Tabel 4.13 Pemetaan <i>Learning Objective</i> (LO) dan <i>Learning Progression</i> (LP) dari PE-3 .....	95

Tabel 4.14 Hasil MFRM Validitas Item untuk Validasi Logis LKPD Level 1 ..	101
Tabel 4.15 Hasil MFRM Validitas Item untuk Validasi Logis LKPD Level 2 ..	101
Tabel 4.16 Hasil MFRM Validitas Item untuk Validasi Logis LKPD Level 3 ..	102
Tabel 4.17 Interpretasi Hasil Uji Validitas LKPD Level 1 .....	102
Tabel 4.18 Interpretasi Hasil Uji Validitas LKPD level 2 .....	103
Tabel 4.19 Interpretasi Hasil Uji Validitas LKPD Level 3 .....	103
Tabel 4.20 Hasil MFRM Reliabilitas Validator LKPD Level 1 .....	104
Tabel 4.21 Hasil MFRM Reliabilitas Validator LKPD Level 2 .....	105
Tabel 4.22 Hasil MFRM Reliabilitas Validator LKPD Level 3 .....	105
Tabel 4.23 Hasil MFRM Reliabilitas Keterbacaan Untuk LKPD Level 1 .....	110
Tabel 4.24 Hasil MFRM Reliabilitas Keterbacaan Untuk LKPD Level 2 .....	111
Tabel 4.25 Hasil MFRM Reliabilitas Keterbacaan Untuk LKPD Level 3 .....	112
Tabel 4.26 Hasil Validitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 1.....	120
Tabel 4.27 Interpretasi Validitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 1 ..	120
Tabel 4.28 Hasil Validitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 2.....	120
Tabel 4.29 Interpretasi Validitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 2..	121
Tabel 4.30 Hasil Validitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 3.....	121
Tabel 4.31 Interpretasi Validitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 3..	121
Tabel 4.32 Hasil Daya Pembeda untuk Validasi Empiris LKPD Level 1 .....	123
Tabel 4.33 Hasil Daya Pembeda untuk Validasi Empiris LKPD Level 2 .....	123
Tabel 4.34 Hasil Daya Pembeda untuk Validasi Empiris LKPD Level 3 .....	124
Tabel 4.35 Hasil Pengukuran Tingkat Kesukaran Untuk Validasi Empiris LKPD Level 1 .....	124
Tabel 4.36 Interpretasi Tingkt Kesukaran untuk Validasi Empiris LKPD Level 1 .....	125
Tabel 4.37 Hasil Pengukuran Tingkat Kesukaran Untuk Validasi Empiris LKPD Level 2 .....	125
Tabel 4.38 Interpretasi Tingkt Kesukaran untuk Validasi Empiris LKPD Level 2 .....	126
Tabel 4.39 Hasil Pengukuran Tingkat Kesukaran Untuk Validasi Empiris LKPD Level 3 .....	126
Tabel 4.40 Interpretasi Tingkt Kesukaran untuk Validasi Empiris LKPD Level 3 .....	126
Tabel 4.41 Tabel Interpretasi Validasi LKPD Level 1 Revisi .....	141

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sampel <i>Learning Progression</i> dari kerangka belajar tiga dimensi .....	5
Gambar 2.1 <i>Three-Dimensional Learning Assessment Protocol (3D-LAP)</i> (Laverty, dkk., 2016) .....	18
Gambar 2.2 Contoh adaptasi 3D-LAP dalam mengembangkan <i>learning task</i> berbasis pembelajaran tiga dimensi pada fisika.....	19
Gambar 2.3 Contoh adaptasi 3D-LAP dalam mengembangkan <i>learning task</i> berbasis pembelajaran tiga dimensi pada kimia. ....	20
Gambar 2.4. Contoh adaptasi 3D-LAP dalam mengembangkan <i>learning task</i> berbasis pembelajaran tiga dimensi pada biologi. ....	21
Gambar 2.5 Pendekatan dalam menyusun LKPD ( <i>learning task</i> ) berbasis kerangka pembelajaran tiga dimensi.....	24
Gambar 2.6 Ruang lingkup materi usaha dan energi dalam pembelajaran fisika di SMA berdasarkan kompetensi pada kurikulum yang berlaku. ....	27
Gambar 2.7 Skema pencarian artikel menggunakan metode PRISMA .....	30
Gambar 2.8 skema lengkap <i>Schema-Based Instructional Design</i> untuk <i>Self-Paced Learning</i> .....	36
Gambar 2.9 Tampilan Coursera dan Materi Ajar Gratisnya.....	37
Gambar 2.10 Tampilan Brilliant dan Soal Tes dengan Animasinya .....	37
Gambar 2.11 Tampilan Khan Academy dan Sistem Poinnya.....	38
Gambar 2.12 Diagram Kerangka Pikir Penelitian .....	41
Gambar 3.1 Adaptasi Exploratory Design: Instrument Development Model dalam pengembangan LKPD topik usaha dan energi.....	42
Gambar 3.2 Ilustrasi Eksperimen PISA .....	46
Gambar 3.3 Prosedur Penelitian .....	50
Gambar 4.1 Grafik Perbedaan Skor Literasi dan Numerasi antara Kurikulum 2013 dan kurikulum Darurat.....	58
Gambar 4.2 Ilustrasi Pengembangan Kurikulum Merdeka Dalam Dokumen Sosialisasi Kemdikbudristek (2022).....	59
Gambar 4.3 Respon Kuisisioner Metode Belajar yang Digunakan Guru.....	62
Gambar 4.4 Distribusi jumlah praktikum yang dilakukan guru selama satu semester .....	63
Gambar 4.5 Prediksi Kemampuan SEP oleh Guru .....	64
Gambar 4.6 Prediksi Kemampuan CC Oleh Guru.....	65
Gambar 4.7 Diagram Respon Peserta didik Megenai Metode belajar .....	66

Gambar 4.8 Grafik respon Peserta didik terhadap keadaan laboraotium fisika di sekolah .....	67
Gambar 4.9 Grafik distribusi respon Peserta didik terhadap jumlah praktikum yang terjadi di lab .....	67
Gambar 4.10 Diagram lingkaran respon diferensiasi pembelajaran .....	68
Gambar 4.11 Grafik total skor Tes PISA peserta didik .....	76
Gambar 4.12 Contoh Modul dari Kemdikbud, Nurysamsuddin (2020) .....	78
Gambar 4.13 Lembar Penilaian Diri dari Modul Kemdikbud, Nursyamsuddin (2020).....	79
Gambar 4.14 Contoh Modul Praktikum yang Melibatkan Simulasi.....	80
Gambar 4.15 Tugas Projek dari Buku Paket.....	80
Gambar 4.16 Pilihan Adaptasi Sekolah Ke Kurikulum Merdeka.....	83
Gambar 4.17 Peta Konsep Keterkaitan 3D <i>Self-Paced Learning</i> Dengan Kebutuhan Kurikulum .....	85
Gambar 4.18 Pemetaan PE dan LO Awal.....	89
Gambar 4.19 Tampilan Arduino Science Journal.....	95
Gambar 4.20 contoh tampilan LKPD Prototipe 1 Level 3.....	98
Gambar 4.21 Contoh tutorial PhET .....	98
Gambar 4.22 Contoh Tutorial Arduino Science Journal.....	99
Gambar 4.23 Hasil Uji Unidimenstionalitas LKPD Level 1 .....	100
Gambar 4.24 Hasil Uji Unidimenstionalitas LKPD Level 2 .....	100
Gambar 4.25 Hasil Uji Unidimenstionalitas LKPD Level 3 .....	100
Gambar 4.26 Tutorial dilengkapi dengan kursor .....	107
Gambar 4.27 Mengubah Hyperlink menjadi tombol navigasi dan <i>QR code</i> .....	107
Gambar 4.28 Menambakan Keterangan ODOL pad LKPD .....	108
Gambar 4.29 Mengubah Format rubrik .....	109
Gambar 4.30 Hasil MFRM Unidimensionalitas Keterbacaan Untuk LKPD Level 1 .....	109
Gambar 4.31 Hasil MFRM Unidimensionalitas Keterbacaan Untuk LKPD Level 2 .....	110
Gambar 4.32 Hasil MFRM Unidimensionalitas Keterbacaan Untuk LKPD Level 3 .....	111
Gambar 4.33 Grafik Distribusi Skor Keterbacaan Item LKPD Level 1 .....	113
Gambar 4.34 Grafik Distribusi Skor Keterbacaan Item LKPD Level 2 .....	113
Gambar 4.35 Grafik Distribusi Skor Keterbacaan Item LKPD Level 3 .....	114



Gambar 4.36 Desain Halaman Depan Contoh Laporan Kegiatan Praktikum.....	116
Gambar 4.37 Contoh Pertanyaan Ilmiah yang Ditanyakan .....	116
Gambar 4.38 Contoh Data Pengamatan dan Tabel Pengamatan .....	116
Gambar 4.39 Contoh Analisis dan Pengolahan Data.....	117
Gambar 4.40 Unidimensionalitas Validasi Empiris Untuk LKPD Level 1 .....	118
Gambar 4.41 Unidimensionalitas Validasi Empiris Untuk LKPD Level 2 .....	119
Gambar 4.42 Unidimensionalitas Validasi Empiris Untuk LKPD Level 3 .....	119
Gambar 4.43 Hasil Reliabilitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 1 ....	122
Gambar 4.44 Hasil Reliabilitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 2 ....	122
Gambar 4.45 Hasil Reliabilitas Item untuk Validasi Empiris LKPD Level 3 ....	123
Gambar 4.46 Grafik distribusi total skor peserta didik pada LKPD level 1 .....	128
Gambar 4.47 Grafik Distribusi Skor Untuk Setiap <i>Learning Objective</i> pada LKPD Level 1 .....	129
Gambar 4.48 Grafik Distribusi Total Skor Peserta Didik LKPD Level 2 .....	129
Gambar 4.49 Grafik Distribusi Skor Untuk Setiap <i>Learning Objective</i> pada LKPD Level 2 .....	130
Gambar 4.50 Grafik Distribusi Skor Untuk Setiap <i>Learning Objective</i> pada LKPD Level 3 .....	131
Gambar 4.51 Grafik Distribusi Skor Untuk Setiap <i>Learning Objective</i> pada LKPD Level 3 .....	132
Gambar 4.52 Vertical Ruler untuk LKPD Level 1 .....	133
Gambar 4.53 Vertical Ruler untuk LKPD Level 2 .....	134
Gambar 4.54 Vertical Ruler untuk LKPD Level 3 .....	135
Gambar 4.55 Luaran tabel 4 untuk respon tidak terduga.....	140
Gambar 4.56 Validitas dan Reliabilitas item LKPD level 1 Revisi.....	141

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

Lampiran A 1 Kuesioner Pembelejaran Fisika Guru .....	164
Lampiran A 2 Kuesioner Pembelejaran Fisika Siswa.....	169
Lampiran A 3 Lembar Wawancara Guru.....	176
Lampiran A 4 Lembar Wawancara Peserta Didik .....	176
Lampiran A 5 Lembar Validasi Logis .....	177
Lampiran A 6 Lembar Keterbacaan Peerta Didik.....	184

### LAMPIRAN B

Lampiran B 1 Tabel Aspek SEP 1: Mengajukan Pertanyaan .....	185
Lampiran B 2 Tabel Aspek SEP 2: Mengembangkan dan Menggunakan Model .....	186
Lampiran B 3 Tabel Aspek SEP 3: Merencanakan dan Melaksanakan Investigasi .....	187
Lampiran B 4 Tabel Aspek SEP 4: Menganalisis dan Menafsirkan Data .....	188
Lampiran B 5 Tabel Aspek SEP 5: Menggunakan Pemikiran Matematis dan Komputasional.....	189
Lampiran B 6 Tabel Aspek SEP 6: Membangun Penjelasan dan Merancang Solusi .....	190
Lampiran B 7 Tabel Aspek SEP 7: Terlibat dalam Argumen Berbasis Bukti.....	191
Lampiran B 8 Tabel Aspek SEP 8: Memperoleh, Mengevaluasi, dan Mengkomunikasikan Informasi.....	192
Lampiran B 9 Tabel Aspek CC 1 : Pola.....	193
Lampiran B 10 Tabel Aspek CC 2: Sebab dan Akibat .....	194
Lampiran B 11 Tabel Aspek CC 3: Skala, Proporsi dan Kuantitas .....	195
Lampiran B 12 Tabel Aspek CC 4: Sistem dan Model Sistem.....	196
Lampiran B 13 Tabel Aspek 5: Energi dan Materi.....	197
Lampiran B 14 Tabel Aspek CC 6: Struktur dan Fungsi.....	198
Lampiran B 15 Tabel Aspek CC 7: Stabilitas dan Perubahan .....	199
Lampiran B 16 Tabel LP untuk materi energi menurut kerangka belajar 3 dimensi .....	200

Lampiran B 17 Pemetaan Kerangka Belajar Tiga Dimensi pada Domain 4-PS3 .....	201
Lampiran B 18 Pemetaan Kerangka Belajar Tiga Dimensi untuk Domain MS-PS3 .....	206

### **LAMPIRAN C**

Lampiran C 1 Hasil Kuesioner Guru .....	213
Lampiran C 2 Hasil Kuesioner Peserta Didik.....	220
Lampiran C 3 Hasil Wawancara dengan Guru .....	223
Lampiran C 4 Hasil Wawacra dengan Peerta Didik .....	229
Lampiran C 5 Hasil Validasi Logis .....	231
Lampiran C 6 Hasil Lembar Keterbacaan Peserta Didik.....	240
Lampiran C 7 Hasil ValiUji Luas .....	241
Lampiran C 8 Langkah Pengkodean untuk Analisis MFRM (Many Facet Rasch Measurement).....	252
Lampiran C 9 Pemetaan Kerangka Pembelajaran Tiga Dimensi untuk Materi Usaha Dan Energi.....	256
Lampiran C 10 <i>Performance Expectation</i> (PE) untuk Materi Usaha dan Energi .....	257
Lampiran C 11 <i>Learning Objective</i> (LO) dan Blue Print LKPD 3D <i>Self-Paced</i> <i>Learning</i> pada Materi Usaha dan Energi Level 1.....	260
Lampiran C 12 <i>Learning Objective</i> (LO) dan Blue Print LKPD 3D <i>Self-Paced</i> <i>Learning</i> pada Materi Usaha dan Energi Level 2.....	264
Lampiran C 13 <i>Learning Objective</i> (LO) dan Blue Print LKPD 3D <i>Self-Paced</i> <i>Learning</i> pada Materi Usaha dan Energi Level 3.....	267

### **LAMPIRAN D**

Lampiran D 1 LKPD Level 1 Prototipe 1 .....	273
Lampiran D 2 LKPD Level 2 Prototipe 1 .....	279
Lampiran D 3 LKPD Level 3 Prototipe 1 .....	281
Lampiran D 4 LKPD Level 1 Prototipe 2.....	287
Lampiran D 5 LKPD Level 2 Prototipe 2 .....	292
Lampiran D 6 LKPD Level 3 Protitipe 2.....	295

Lampiran D 7 Adds-on Prorotipe 3 Modul <i>Scaffolding</i> Level 1 dan 2.....	302
Lampiran D 8 Adds-on Prortipe 3 Modul <i>Scaffolding</i> LKPD Level 3 .....	306
Lampiran D 9 Produk Akhir LKPD Level 1.....	318
Lampiran D 10 Produk Akhir LKPD Level 2.....	323
Lampiran D 11 Produk Akhir LKPD Level 3.....	326
Lampiran D 12 Panduan Penilaian LKPD level 1 .....	333
Lampiran D 13 Panduan Penilaian LKPD Level 2.....	335
Lampiran D 14 Panduan Penilaian LKPD Level 3.....	337

## **LAMPIRAN E**

Lampiran E 1 Dokumenstais Kegiatan Studi Kualitatif.....	340
Lampiran E 2 Dokumentasi kegiatan Uji Terbatas.....	342
Lampiran E 3 Dokumentasi kegiatan Uji Luas.....	343

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadon, F., Ghazalli, H. I. M., & Rusli, H. M. (2020, December). Studying during Pandemic: A Review of Issues from Online Learning in the Middle of COVID-19. In *2020 6th International Conference on Interactive Digital Media (ICIDM)* (pp. 1-4). IEEE.
- Aikenhead, G. S. (2005). Science-Based Occupations and the Science Curriculum: Concepts of Evidence. *Science Education*, *89*(2), 242-275
- Ali, N. S., & John, B. (2019). Examining the efficacy of online self-paced interactive video-recordings in nursing skill competency learning: seeking preliminary evidence through an action research. *Medical Science Educator*, *29*(2), 463-473
- Alonzo, A. C., & Gotwals, A. W. (Eds.). (2012). *Learning Progressions in science: Current challenges and future directions*. New York: Springer Science & Business Media.
- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing force and motion Learning Progression. *Science Education*, *93*(3), 389–421.
- Anderson L.W., Krathwohl D.R., Airasian P.W., Cruikshank K.A., Mayer R.E., Pintrich P.R., et al. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Abridged Edition*. New York: Pearson.
- Azevedo, R. (2005). Computer environments as metacognitive tools for enhancing learning. *Educational Psychologist*, *40*(4), 193-197.
- Bain, K., Bender, L., Bergeron, P., Caballero, M. D., Carmel, J. H., Duffy, E. M., ... & Cooper, M. M. (2020). Characterizing College Science Learning: The Kerangka belajar tiga dimensi Observation Protocol. *PLoS One*, *15*(6), e0234640.
- Banerjee, A., Banerji, R., Berry, J., Duflo, E., Kannan, H., Mukherji, S., ... & Walton, M. (2016). *Mainstreaming an effective intervention: Evidence from randomized evaluations of "Teaching at the Right Level" in India* (No. w22746). National Bureau of Economic Research.
- Banerjee, A., Banerji, R., Duflo, E., Glennerster, R. & Khemani, S. (2010) Pitfalls

of participatory programs: Evidence from a randomized evaluation in education in India, *American Economic Journal: Economic Policy*, 2(1), 1–30

- Banerjee, A., Cole, S., Duflo, E. & Linden, L. (2007) Remediating education: Evidence from two randomized experiments in India, *Quarterly Journal of Economics*, 122(3), 1235–1264
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A Learning Progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765–793.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives Book 1: Cognitive Domain*.
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2015). *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences, Third Edition*. New York: Routledge.
- Boone, W.J., Staver, J.R., Yale, M.S. (2014). Multifaceted Rasch Measurement. *In: Rasch Analysis in the Human Sciences*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6857-4\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6857-4_20)
- Booth, J. N., Chesham, R. A., Brooks, N. E., Gorely, T., & Moran, C. N. (2020). A citizen science study of short physical activity breaks at school: improvements in cognition and wellbeing with self-paced activity. *BMC medicine*, 18(1), 1-11.
- Bower, M., Dalgarno, B., Kennedy, G. E., Lee, M. J., & Kenney, J. (2015). Design and implementation factors in blended synchronous learning environments: Outcomes from a cross-case analysis. *Computers & Education*, 86, 1-17.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn* (Vol. 11). Washington, DC: National academy press.
- BSKAP, (2022). *Kajian Akademik Kurikulum untuk Pemulihan Pembelajaran. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia*.
- BSKAP. 2021. *Kebijakan Kurikulum Untuk Membantu Pemulihan Pembelajaran. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta*. 48 Hal.
- Catalano, A. J., Torff, B., & Anderson, K. S. (2021). Transitioning to online

learning during the COVID-19 pandemic: Differences in access and participation among students in disadvantaged school districts. *The International Journal of Information and Learning Technology*.

- Catley, K., Lehrer, R., & Reiser, B. (2005). *Tracing a prospective Learning Progression for developing understanding of evolution*. Paper Commissioned by the National Academies Committee on Test Design for K-12 Science Achievement. Washington, DC: National Academies
- Cooper, M. M., & Stowe, R. L. (2018). Chemistry Education Research—From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. *Chemical reviews*, *118*(12), 6053-6087.
- Cooper, M. M., Posey, L. A., & Underwood, S. M. (2017). Core Ideas and Topics: Building Up or Drilling Down?. *Journal of Chemical Education*, *94*(5), 541-548.
- Cooper, M., & Klymkowsky, M. (2013). Chemistry, Life, the Universe, and Everything: A New Approach to General Chemistry, and a Model for Curriculum Reform. *Journal of Chemical Education*, *90*(9), 1116-1122.
- Damon, A., Glewwe, P., Wisniewski, S., & Sun, B. (2018). What education policies and programmes affect learning and time in school in developing countries? A review of evaluations from 1990 to 2014. *Review of Education*, *7*(2), 295-387. doi: 10.1002/rev3.3123
- Deimann, M., & Keller, J. (2006). Volitional aspects of multimedia learning. *Journal of educational multimedia and hypermedia*, *15*(2), 137-158.
- Devolder, A., van Braak, J., & Tondeur, J. (2012). Supporting self-regulated learning in computer-based learning environments: systematic review of effects of *Scaffolding* in the domain of science education. *Journal of Computer Assisted Learning*, *28*(6), 557-573.
- DeVore, S., Marshman, E., & Singh, C. (2017). Challenge of engaging all students via self-paced interactive electronic learning tutorials for introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, *13*(1), 010127.
- Duggan, S., & Gott, R. (2002). What Sort of Science Education do We Really Need?. *International Journal of Science Education*, *24*(7), 661-679.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. (Eds.). (2007). *Taking science*

*to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academy Press.

- Eckes, T. (2011). Introduction to many-facet Rasch measurement. *Franfurt am Main: Peter Lang*.
- Engelhard Jr, G. (2013). *Invariant measurement: Using Rasch models in the social, behavioral, and health sciences*. New York, NY: Routledge.
- Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M.D. (2021). Learning loss due to school closures during the Covid-19 pandemic. *PNAS*. Vol. 118 No.17 DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2022376118>
- Fine, A. B., Jaeger, T. F., Farmer, T. A., & Qian, T. (2013). Rapid expectation adaptation during syntactic comprehension. *PloS one*, 8(10), e77661.
- Göksu, İ., Ergün, N., Özkan, Z., & Sakız, H. (2021). Distance education amid a pandemic: Which psycho-demographic variables affect students in higher education?. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(6), 1539-1552.
- Gotwals, A. W., & Songer, N. B. (2013). Validity evidence for Learning Progression-based assessment items that fuse core disciplinary ideas and science practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 597–626.
- Gutmann, B., Gladding, G., Lundsgaard, M., & Stelzer, T. (2018). Mastery-style homework exercises in introductory physics courses: Implementation matters. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010128.
- Hildebrandt, G. H., & Belmont, M. A. (2018). Self-paced versus instructor-paced preclinical training in operative dentistry: A case study. *Journal of dental education*, 82(11), 1178-1184
- Hochberg, K., Becker, S., Louis, M., Klein, P., & Kuhn, J. (2020). Using smartphones as experimental tools—a follow-up: cognitive effects by video analysis and reduction of cognitive load by multiple representations. *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 303-317.
- Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools—effects on interest, curiosity, and learning in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 385-403.
- Howcroft, J. and Mercer, K., 2022. ‘What if my Wi-Fi crashes during an



exam?"First-year engineering student perceptions of online learning during the COVID-19 pandemic. *European Journal of Engineering Education*, pp.1-15.

Jandrić, P., & McLaren, P. (2021). From learning loss to learning opportunity, educational philosophy and theory. *Educational Philosophy and Theory*. DOI: 10.1080/00131857.2021.2010544

Jung, E., Lim, R., & Kim, D. (2022). A *Schema-Based Instructional Design* Model for *Self-Paced Learning* Environments. *Education Sciences*, 12(4), 271.

Kaldaras, L., Akaeze, H., & Krajcik, J. (2021). Developing and validating Next Generation Science Standards-aligned Learning Progression to track three-dimensional learning of electrical interactions in high school *Physical Science*. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(4), 589-618.

Kanginan, M. (2014). *Fisika Untuk SMA/MA Kelas X*. Erlangga: Jakarta  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2020. *Keputusan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 719/p/2020*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta. 9 Hal.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2020. *Penyesuaian Kebijakan Pembelajaran di Masa Pandemi COVID-19*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta. 26 Hal.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2021. *Kebijakan Kurikulum Untuk Pemulihan Pembelajaran Setelah Pandemi*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta. 23 Hal.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2022. *Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 56/M/2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum Dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta. 23 Hal.

Kim, N. J., Belland, B. R., & Axelrod, D. (2018). *Scaffolding* for optimal challenge in K-12 problem-based learning. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 13(1), Article 3

Konradt, U., Ellwart, T., & Gevers, J. (2021). Wasting effort or wasting time? A longitudinal study of pacing styles as a predictor of academic performance.

*Learning and Individual Differences*, 88, 102003

- Kulik, C. L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in human behavior*, 7(1-2), 75-94.
- Laverty, J. T., Cooper, M. M., & Caballero, M. D. (2015). Developing the Next Generation of Physics Assessments. *arXiv preprint arXiv:1507.00663*.
- Laverty, J. T., Underwood, S. M., Matz, R. L., Posey, L. A., Carmel, J. H., Caballero, M. D., ... & Cooper, M. M. (2016). Characterizing College Science Assessments: The Kerangka belajar tiga dimensi Assessment Protocol. *Plos One*, 11(9), e0162333.
- Leacock, T. L., & Nesbit, J. C. (2007). A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(2), 44-59.
- Lee, C. C., & Tan, S. C. (2010). *Scaffolding* writing using feedback in students' graphic organizers—novice writers' relevance of ideas and cognitive loads. *Educational media international*, 47(2), 135-152.
- Lee, H. S., & Liu, O. L. (2010). Assessing Learning Progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94(4), 665–688.
- Lehrer, R., Kim, M. J., Ayers, E., & Wilson, M. (2014). *Toward establishing a Learning Progression to support the development of statistical reasoning. Learning over Time: Learning Trajectories in Mathematics Education*, 31–60. Charlotte, NC: Information Age Publishing, Inc
- Levrini, O., Tasquier, G., Branchetti, L., & Barelli, E. (2019). Developing future-*Scaffolding* skills through science education. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2647-2674.
- Li, H., Majumdar, R., Chen, M. R. A., & Ogata, H. (2021). Goal-oriented active learning (GOAL) system to promote reading engagement, self-directed learning behavior, and motivation in extensive reading. *Computers & Education*, 171, 104239.
- Lin, C. H., Kwon, J. B., & Zhang, Y. (2019). Online self-paced high-school class size and student achievement. *Educational Technology Research and Development*, 67(2), 317-336.

- Linacre, J. M. (1989). *Many-faceted Rasch measurement* (Doctoral dissertation, The University of Chicago).
- Linacre, J. M. (tanpa tahun). *Table 4 Unexpected Responses*. Winsteps.com. diakses pada January 16, 2023, dari <https://www.winsteps.com/facetman/table4.html>
- Marshman, E., DeVore, S., & Singh, C. (2020). Holistic framework to help students learn effectively from research-validated *Self-Paced Learning* tools. *Physical Review Physics Education Research*, *16*(2), 020108.
- Marzano, R. J. (2007). *The art and science of teaching: A comprehensive framework for effective instruction*. Ascd.
- Mayer, R. E. (2005). *Cognitive theory of multimedia learning*. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31-48). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, *38*(1), 43-52.
- Miller, K., Callaghan, K., McCarty, L. S., & Deslauriers, L. (2021). Increasing the effectiveness of active learning using deliberate practice: A homework transformation. *Physical Review Physics Education Research*, *17*(1), 010129.
- Mohan, L., Chen, J., & Anderson, W. A. (2009). Developing a multi-year Learning Progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 675–698.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, *4*(1), 1-9.
- Molina, E. (2019). *Teachers*. World Bank. Diterima: January 4, 2023, from <https://www.worldbank.org/en/topic/teachers#1>
- Morell, L., Collier, T., Black, P., & Wilson, M. (2017). A construct-modeling approach to develop a Learning Progression of how students understand the structure of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, *54*(8), 1024–1048.
- National Research Council. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. National Academies Press.

- National Research Council. (2012). *A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
- National Research Council. (2014). *Developing Assessments for The Next Generation Science Standards*. National Academies Press.
- Nesbit, J., Belfer, K., & Leacock, T. (2009). Learning Object Review Instrument (LORI) User Manual Version 2.0. *Angewandte Chemie International Edition*, 6 (11), 951–952.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a Learning Progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, ByStates (Vol. 1: The Standards)*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nursyamsuddin, M.M. (2020). Energi, Usaha, Dan Hukum Kekekalan Energi Fisika Kelas X. *Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS dan DIKMEN*: Jakarta
- OECD (2014), *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do (Volume I, Revised edition, February 2014): Student Performance in Mathematics, Reading and Science*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264208780-en>.
- OECD (2016), "PISA 2015 Results in Focus", *PISA in Focus*, No. 67, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/aa9237e6-en>.
- OECD (2019), *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Olsen, L. W. (2003). *Essays on Georg Rasch and his contributions to statistics*. Københavns Universitet, Økonomisk Institut.
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a Learning Progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53 (6), 821–846.
- Palaigeorgiou, G., & Papadopoulou, A. (2019). Promoting *Self-Paced Learning* in

the elementary classroom with interactive video, an online course platform and tablets. *Education and Information Technologies*, 24(1), 805-823.

- Plummer, J. D., & Krajeck, J. (2010). Building a Learning Progression for celestial motion: Elementary levels from an earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 768–787.
- Plummer, J. D., & Maynard, L. (2014). Building a Learning Progression for celestial motion: An exploration of students' reasoning about the seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 902–929.
- Prather, J., Pettit, R., Becker, B. A., Denny, P., Loksa, D., Peters, A., ... & Masci, K. (2019, February). First things first: Providing metacognitive *Scaffolding* for interpreting problem prompts. In *Proceedings of the 50th ACM technical symposium on computer science education* (pp. 531-537).
- Pusat Penelitian Kebijakan Kemdikbud. (2021). Risalah Kebijakan Nomor 29, November 2021, Dampak Penyederhanaan Kurikulum terhadap Capaian Pembelajaran. *Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi*.
- Raczynski, K. R., Cohen, A. S., Engelhard Jr, G., & Lu, Z. (2015). Comparing the effectiveness of self-paced and collaborative frame-of-reference training on rater accuracy in a large-scale writing assessment. *Journal of Educational Measurement*, 52(3), 301-318.
- Rajapaksha, A., & Hirsch, A. S. (2017). Competency based teaching of college physics: The philosophy and the practice. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020130.
- Renkl, A. (2005). The worked-out-example principle in multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 229-245.
- Rosar, M., & Weidlich, J. (2022). Creative students in self-paced online learning environments: an experimental exploration of the interaction of visual design and creativity. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 17(1), 1-24.
- Rossi, I., Lima, J., Sabatke, B., Nunes, M., Ramirez, G., & Ramirez, M. (2021). Active learning tools improve the learning outcomes, scientific attitude, and critical thinking in higher education: Experiences in an online course during

the COVID -19 pandemic. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 49(6), 888-903. doi: 10.1002/bmb.21574

Rutkowski, A. F., & Saunders, C. S. (2018). *Emotional and cognitive overload: the dark side of information technology*. Routledge.

Salas-Pilco, S., Yang, Y., & Zhang, Z. (2022). Student engagement in online learning in Latin American higher education during the COVID-19 pandemic: A systematic review. *British Journal Of Educational Technology*. doi: 10.1111/bjet.13190

Salinan Lampiran Keputusan Bersama Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan, Menteri Agama, Menteri Kesehatan, Dan Menteri Dalam Negeri Nomor 01/KB/2020 Nomor 516 Tahun 2020 Nomor Hk.03.01/Menkes/363/2020 Nomor 440-882 Tentang Panduan Penyelenggaraan Pembelajaran Pada Tahun Ajaran 2020/2021 Dan Tahun Akademik 2020/2021 Di Masa Pandemi Corona Virus Disease 2019 (Covid-19)

Salta, K., Paschalidou, K., Tsetseri, M., & Koulougliotis, D. (2022). Shift from a traditional to a distance learning environment during the COVID-19 pandemic. *Science & Education*, 31(1), 93-122.

Schilperoort, H. M. (2020). Self-Paced Tutorials to Support Evidence-Based Practice and Information Literacy in Online Health Sciences Education. *Journal of Library & Information Services in Distance Learning*, 14(3-4), 278-290.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.

Singer, S. R., Nielsen, N. R., & Schweingruber, H. A. (2012). Discipline-Based Education Research. *Washington, DC: The National Academies*.

Smiley, J. (2015). Classical test theory or Rasch-A personal account from a novice user. *Shiken*, 19(1), 16-29.

Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). FOCUS ARTICLE: Implications of research on children's learning for standards and assessment:

- A proposed Learning Progression for matter and the atomic-molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 4(1–2), 1–98.
- Smith, R. M., & Wind, S. A. (2003). *Rasch measurement models: Interpreting WINSTEPS and FACETS output*. Maple Grove, MN: JAM Press. Difficulty Levels of Vocabulary.
- Solin, P. (2021). Self-Paced, Instructor-Assisted Approach to Teaching Linear Algebra. *Mathematics in Computer Science*, 15(4), 661-687.
- Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A. W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a Learning Progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 610–631.
- Stevens, S. Y., Delgado, C., & Krajcik, J. S. (2010). Developing a hypothetical multi-dimensional Learning Progression for the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 687–715.
- Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2014). *Aplikasi Model Rasch untuk Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial (Edisi Revisi)*. Cimahi: Trim Komunikata.
- Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2015). *Aplikasi Pemodelan Rasch pada Assessment Pendidikan*. Cimahi: Trim Komunikata.
- Surani, D., Asnawati, A. N., & Kusuma, A. W. (2022). Sosialisasi Aplikasi Merdeka Mengajar Dan Pengenalan Platform Simba Dalam Meningkatkan Pemahaman Media Pembelajaran Kepada Tenaga Pendidik Di Smpn 10 Cilegon. *Jubaedah: Jurnal Pengabdian dan Edukasi Sekolah (Indonesian Journal of Community Services and School Education)*, 2(2), 164-171.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
- Sweller, J. (2010). Cognitive load theory. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. J. G. van Merriënboer, & M. P. Driscoll (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th ed., pp. 41-58). New York, NY: Taylor & Francis.
- Sweller, J. (2020). *Cognitive Load Theory and educational technology. Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1-16.

- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Szopiński, T., & Bachnik, K. (2022). Student evaluation of online learning during the COVID-19 pandemic. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121203.
- Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and Learning Progressions: The case of “structure of matter”. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123–2136.
- Torrance, H. (2012). Formative Assessment at The Crossroads: Conformative, Deformative and Transformative Assessment. *Oxford Review of Education*, 38(3), 323-342.
- Trna, J. (2017). Hands-on Activity as a Source of Motivational Effectiveness of Learning tasks in Science Education. *Hands-on Science II*, 52.
- Underwood, S. M., Posey, L. A., Herrington, D. G., Carmel, J. H., & Cooper, M. M. (2018). Adapting Assessment Tasks to Support *Three-Dimensional Learning*. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 207-217.
- Van Merriënboer, J. J., & Sluijsmans, D. (2009). Toward a synthesis of cognitive load theory, four-component instructional design, and self-directed learning. *Educational Psychology Review*, 21(1), 55-66.
- Watson, W. R., Yu, J. H., & Watson, S. L. (2018). Perceived attitudinal learning in a self-paced versus fixed schedule MOOC. *Educational Media International*, 55(2), 170-181.
- Zahir, N.M. & Sumintono, B. (2017). Perceptions on Influence Tactics among Leaders in the Ministry of Education Malaysia: An Application of The Many Facets Rasch Model. *International Conference on Public Policy, Social Computing and Development (ICOPOSDEV)*, October, 1–13.
- Zhong, B., & Si, Q. (2021). Troubleshooting to learn via scaffolds: Effect on students’ ability and cognitive load in a robotics course. *Journal of Educational Computing Research*, 59(1), 95-118.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41(2), 64-70.





