

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS *PROJECT
BASED LEARNING* BERBANTUAN *QR CODE* UNTUK
MEMFASILITASI KETERAMPILAN KOLABORASI PADA
MATERI ENERGI TERBARUKAN**

SKRIPSI

Memenuhi sebagian syarat memperoleh Derajat Sarjana S1 Program Studi
Pendidikan Fisika



Shalsa Pramaysella Putri
21104050003

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2574/Un.02/DT/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Pengembangan Modul Fisika Berbasis Project Based Learning Berbantuan QR Code Untuk Memfasilitasi Keterampilan Kolaborasi Pada Materi Energi Terbarukan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SHALSA PRAMAYSELLA PUTRI
Nomor Induk Mahasiswa : 21104050003
Telah diujikan pada : Selasa, 19 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed.
SIGNED

Valid ID: 68a731ad2b453



Penguji I

Dr. Winarti, S.Pd., M.Pd.Si
SIGNED

Valid ID: 68a73ab94c74



Penguji II

Ari Cahya Mawardi, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 68a51b514a0ac



Yogyakarta, 19 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 68a7c57f7f2dc

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shalsa Pramaysella Putri

NIM : 21104050003

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul "Pengembangan Modul Fisika Berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* untuk Memfasilitasi Keterampilan Kolaborasi pada Materi Energi Terbarukan" merupakan karya hasil tulisan saya sendiri. Adapun bagian-bagian yang saya kutip dari hasil karya tulisan orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika dalam penulisan ilmiah, serta disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi dan digunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 1 Agustus 2025

Yang Menyatakan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



02.

Shalsa Pramaysella Putri
NIM. 21104050003

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : Satu Bendel Skripsi

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Setelah membaca, meneliti, dan memberi petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi mahasiswa:

Nama : Shalsa Pramaysella Putri

NIM : 21104050003

Judul Skripsi : Pengembangan Modul Fisika Berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* untuk Memfasilitasi Keterampilan Kolaborasi pada Materi Energi Terbarukan

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana stars satu dalam bidang Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir mahasiswa tersebut dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 11 Agustus 2020
Pembimbing,



Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed.

NIP. 19931204 202012 2 011

MOTTO

“Usaha dan doa akan memperbesar kemungkinan”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil 'alamin atas berkat rahmat Allah SWT, dan doa Bapak serta Ibu, penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Dengan rasa syukur tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua saya yang tercinta yaitu Bapak Eko Supriyanto dan Ibu Dwi Lestari. Mereka yang senantiasa mengusahakan yang terbaik untuk saya. Memaksimalkan selalu tercapainya kebutuhan saya dan selalu buat saya bahagia dan bangga. Terima kasih Bapak telah berjuang untuk mengkuliahkan saya. Terima kasih Ibu telah senantiasa tiada putusnya untuk selalu mendoakan saya. Saya persembahkan karya tulis dan gelar ini untuk Bapak dan Ibu.

Terima kasih kepada diri sendiri “Shalsa”. Terima kasih sudah memilih untuk bertahan dan berjuang sampai tahap ini. Walaupun di jalan yang dilalui banyak suka cita yang datang menghampiri. Selamat dan bahagialah atas segala proses yang berhasil untuk masa depan yang selalu lebih baik. Semoga ini menjadi salah satu jalan untuk memperbesar kemungkinan yang maksimal.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Bismillahirrohmaanirrohiim.

Segala puji bagi Allah SWT dengan rahmat, karunia, dan kasih sayang-Nya yang tak terhingga, telah memberikan kemudahan kepada penulis sehingga tugas akhir skripsi berjudul “Pengembangan Modul Fisika Berbasis *Project Based Learning* Berbantuan *QR Code* Untuk Memfasilitasi Kolaborasi Peserta Didik Pada Materi Energi Terbarukan” dapat diselesaikan. Sebagai bagian dari persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan (S. Pd). Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta pengikutnya hingga hari kiamat.

Penyelesaian tugas akhir skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan kerjasama berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, Bapak Eko Supriyanto, Ibu Dwi Lestari, dan Salma Febria serta Adika Wafiyanto selaku adik yang selalu memberikan do'a, dukungan, dan kasih sayang kepada penulis dimanapun berada.
2. Ibu Dr. Winarti, M. Pd. Si. Selaku Wakil Dekan III Bidang kemahasiswaan dan kerjasama Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sekaligus Penguji I.
3. Ibu Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi.
4. Ibu Puspo Rahmi, M.Pd. selaku Sekretaris Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

5. Bapak Ari Cahya Mawardi, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan tugas akhir sekaligus Penguji II.
6. Arzaqi Muhammad Ilham sebagai *partner* terbaik.
7. Kucing abu gemas bernama Lolita Gembulina, sebagai pengontrol *moodswing*.
8. Sahabat penulis Toyyibatul Faihah, Fitriyana Noor Misadi, Gema Nur Qur'aini, Li'izzatid Dianatil Manzil, dan Dita Permata Fitriani yang telah memberikan motivasi dalam mengerjakan skripsi.
9. Teman-teman Pendidikan Fisika 2021 yang telah kebersamai penulis selama menempuh pendidikan di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
10. Teman-teman PLP Agustin Setyaning, Bunga Agna, dan Patimah.
11. Keluarga besar KKN 114 Desa Sumbersari yang telah memberikan pengalaman yang sangat berharga kepada penulis selama lebih dari satu bulan.

Semoga segala bantuan yang diberikan menjadi amal baik dan mendapatkan balasan yang sempurna dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik, saran, dan masukan yang konstruktif untuk perbaikan di masa yang akan datang.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta,

Penulis

PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* BERBANTUAN *QR CODE* UNTUK MEMFASILITASI KETERAMPILAN KOLABORASI PADA MATERI ENERGI TERBARUKAN

Shalsa Pramaysella Putri

21104050003

INTISARI

Pembelajaran fisika di tingkat SMA masih belum sepenuhnya mengembangkan keterampilan kolaborasi peserta didik. Hal ini dipengaruhi oleh minimnya pengalaman siswa dalam bekerja secara berkelompok, kurang terstrukturnya pembagian peran antaranggota tim, serta bahan ajar yang belum dirancang untuk mendorong kegiatan kolaboratif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul fisika berbasis *Project Based Learning* (PjBL) berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan, mengetahui kualitas modul, respon peserta didik terhadap modul, serta keterlaksanaan keterampilan kolaborasi.

Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Instrumen yang digunakan meliputi lembar validasi instrumen dan produk, lembar penilaian kualitas modul, lembar respon peserta didik, dan lembar keterlaksanaan keterampilan kolaborasi. Validasi dilakukan menggunakan analisis tematik. Penilaian kualitas, respon peserta didik dan keterlaksanaan keterampilan kolaborasi menggunakan skala likert 4.

Hasil penilaian kualitas oleh ahli materi, ahli media, dan guru fisika menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memperoleh skor rerata masing-masing 3,90; 3,59; dan 3,90 dengan kategori Sangat Baik. Respon peserta didik pada uji coba terbatas dan luas memperoleh skor rerata 3,50 dan 3,41 dengan kategori Sangat Setuju. Skor keterlaksanaan keterampilan kolaborasi sebesar 0,99 yang termasuk dalam kategori Sangat Baik. Dengan demikian, modul fisika berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* dinyatakan layak dan efektif digunakan sebagai bahan ajar untuk memfasilitasi keterampilan kolaborasi peserta didik pada materi energi terbarukan di SMA/MA.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, Keterampilan Kolaborasi, Modul Fisika, *Project Based Learning*, *QR Code*

DEVELOPMENT OF A QR CODE ASSISTED PHYSICS MODULE BASED ON PROJECT BASED LEARNING TO FACILITATE COLLABORATION SKILLS ON RENEWABLE ENERGY

Shalsa Pramaysella Putri

21104050003

ABSTRACT

Physics learning at the high school level has not fully developed student's collaboration skills. This is influenced by students' limited experience working in groups, a lack of structured role-sharing among team members, and learning materials not designed to encourage collaborative activities. This research aims to develop a physics module based on Project Based Learning (PjBL) with the aid of QR Codes on the topic of renewable energy, to determine the module's quality, students' responses to the module, and the implementation of collaboration skills.

The research method used is Research and Development (R&D) with the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). The instruments used include validation sheets for instruments and products, a module quality assessment sheet, a student response sheet, and a collaboration skills implementation sheet. Validation was conducted using thematic analysis. The assessment of quality, student responses, and the implementation of collaboration skills used a 4-point Likert scale.

The results of the quality assessment by material experts, media experts, and a physics teacher showed that the developed module obtained an average score of 3.90, 3.59, and 3.90, respectively, with a Very Good category. Student responses in the limited and extensive trials obtained average scores of 3.50 and 3.41, with a Strongly Agree category. The score for the implementation of collaboration skills was 0.99, which is in the Very Good category. Thus, the physics module based on Project Based Learning with the aid of QR Codes is declared feasible and effective for use as a teaching material to facilitate students' collaboration skills on the topic of renewable energy at the high school level

.Keywords: *Collaboration Skills, Physics Module, Project-Based Learning, QR-Code, Renewable Energy*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	8
C. Batasan Masalah.....	9
D. Rumusan Masalah.....	9
E. Tujuan Penelitian	10
F. Spesifikasi Produk.....	10
G. Manfaat Penelitian	12
H. Keterbatasan Pengembangan	12
I. Definisi Istilah.....	12
BAB II LANDASAN TEORI	15
A. Kajian Teori	15
1. Pembelajaran Fisika	15
2. Bahan Ajar	16
3. Modul Pembelajaran	17
4. Pembelajaran <i>Project Based Learning</i> (PjBL).....	20
5. <i>QR Code</i>	23

6. Kolaborasi	25
7. Energi Terbarukan.....	29
B. Penelitian yang Relevan.....	40
C. Kerangka Berpikir.....	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	45
A. Model Pengembangan.....	45
B. Prosedur Pengembangan	46
1. <i>Analyze</i> (Tahap Analisis)	48
2. <i>Design</i> (Tahap Desain/Perancangan)	51
3. <i>Develop</i> (Tahap Pengembangan)	54
4. <i>Implement</i> (Tahap Pengaplikasian/Implementasi)	58
5. <i>Evaluate</i> (Tahap Evaluasi)	58
C. Uji Coba Produk.....	59
1. Desain Uji Coba	59
2. Subjek Uji Coba	59
3. Jenis Data	59
4. Instrumen Pengumpulan Data	60
D. Teknik Analisis Data.....	63
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	67
A. Hasil Pengembangan.....	67
1. Produk Awal	68
2. Validasi dan Penilaian.....	71
3. Respon Peserta Didik.....	86
4. Keterlaksanaan Keterampilan Kolaborasi.....	89
B. Pembahasan.....	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	111
A. Kesimpulan	111
B. Keterbatasan Penelitian.....	111
C. Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN.....	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Sintaks <i>Project Based Learning</i>	22
Tabel 2. 2. Sintaks <i>Project Based Learning</i> -Kolaborasi.....	28
Tabel 3. 1. Aspek Penilaian Ahli Media	57
Tabel 3. 2. Aspek Penilaian Ahli Materi.....	57
Tabel 3. 3. Aspek Penilaian Guru Fisika.....	57
Tabel 3. 4. Aturan Pemberian Skor Penilaian Ahli dan Guru Fisika	64
Tabel 3. 5. Rentang Skor Penilaian.....	65
Tabel 3. 6. Ketentuan Pengubahan Skor untuk Peserta Didik	65
Tabel 3. 7. Pemberian Skor Keterlaksanaan Indikator Keterampilan Kolaborasi	66
Tabel 3. 8. Kategori Penilaian Keterlaksanaan Indikator Kolaborasi	66
Tabel 4. 1. Hasil Validasi Instrumen.....	72
Tabel 4. 2. Hasil Validasi Produk Ahli Materi.....	75
Tabel 4. 3. Revisi Validasi Berdasarkan Ahli Materi	76
Tabel 4. 4. Hasil Validasi Produk oleh Ahli Media	77
Tabel 4. 5. Revisi Validasi Berdasarkan Ahli Media.....	79
Tabel 4. 6. Hasil Penilaian oleh Ahli Materi.....	81
Tabel 4. 7. Masukan oleh Ahli Materi	82
Tabel 4. 8. Revisi Berdasarkan Penilaian Ahli Materi.....	83
Tabel 4. 9. Hasil Penilaian oleh Ahli Media	83
Tabel 4. 10. Penilaian oleh Guru Fisika	84
Tabel 4. 11. Masukan oleh Guru Fisika	86
Tabel 4. 12. Hasil Uji Coba Terbatas	86
Tabel 4. 13. Hasil Uji Coba Luas	87
Tabel 4. 14. Hasil Observasi Keterlaksanaan Keterampilan Kolaborasi	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Gaya Belajar Yang di Sukai Peserta Didik	2
Gambar 1. 2. Model Pembelajaran yang Diterapkan Guru	5
Gambar 2. 1. <i>QR Code</i>	24
Gambar 2. 2. Konversi Energi.....	32
Gambar 2. 3. Kerangka Berpikir Penelitian	44
Gambar 3. 1. Model ADDIE	46
Gambar 3. 2. Prosedur Pengembangan ADDIE	47
Gambar 3. 3. Desain Awal Modul PjBL	53
Gambar 4. 1. Desain Modul menggunakan Perangkat Lunak <i>Canva</i>	68
Gambar 4. 2. <i>Cover</i> Depan Modul	69
Gambar 4. 3. Fitur dalam Modul.....	70
Gambar 4. 4. Materi	70
Gambar 4. 5. Latihan Soal.....	71
Gambar 4. 6. <i>QR Code</i> tertuju ke <i>Form</i> Jawaban Pertanyaan Mendasar.....	92
Gambar 4. 7. <i>QR Code</i> terintegrasi dengan sintaks PjBL dan Proyek.....	93
Gambar 4. 8. <i>QR Code</i> berisi Video Pembelajaran dalam PjBL	94
Gambar 4. 9. <i>QR Code</i> Terintegrasi dengan Proses PjBL	95
Gambar 4. 10. <i>QR Code</i> terintegrasi Penilaian antar Kelompok	96
Gambar 4. 11. <i>QR Code</i> terintegrasi dengan Refleksi diri.....	97
Gambar 4. 12. Penilaian Ahli Materi	98
Gambar 4. 13. Penilaian Ahli Media.....	100
Gambar 4. 14. Penilaian Guru Fisika	102
Gambar 4. 15. Penilaian Ketiga Ahli	103
Gambar 4. 16. Respon Peserta Didik	105
Gambar 4. 17. Observasi Indikator Menghargai Pendapat	107
Gambar 4. 18. Observasi Indikator Bekerja Secara Produktif	108
Gambar 4. 19. Observasi Indikator Fleksibel dan Kompromi	108
Gambar 4. 20. Observasi Indikator Tanggung Jawab	109
Gambar 4. 21. Observasi Indikator Berkontribusi Aktif.....	109

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Wawancara Guru.....	122
Lampiran 2. Dokumentasi Wawancara Guru.....	126
Lampiran 3. Lembar Angket Peserta Didik	127
Lampiran 4. Dokumentasi Angket Kuesioner Peserta Didik	132
Lampiran 5. Nilai Semester II Kelas X.....	132
Lampiran 6. Lembar Wawancara Tidak Terstruktur.....	134
Lampiran 7. Lembar Validasi Instrumen	135
Lampiran 8. Lembar Validasi Penilaian Produk oleh Ahli Materi	136
Lampiran 9. Lembar Validasi Penilaian Produk oleh Ahli Media.....	137
Lampiran 10. Lembar Penilaian Produk oleh Ahli Materi.....	138
Lampiran 11. Lembar Penilaian Produk oleh Ahli Media	139
Lampiran 12. Lembar Penilaian Produk oleh Guru Fisika	140
Lampiran 13. Rubrik Penilaian Produk oleh Ahli Materi	141
Lampiran 14. Rubrik Penilaian Produk oleh Ahli Media	141
Lampiran 15. Rubrik Penilaian Produk oleh Guru Fisika.....	141
Lampiran 16. Surat Izin Penelitian.....	142
Lampiran 17. Lembar Respon Peserta Didik	143
Lampiran 18. Lembar Observasi Keterlaksanaan Keterampilan Kolaborasi.....	146
Lampiran 19. Rubrik Observasi Keterlaksanaan Keterampilan Kolaborasi	147
Lampiran 20. Draft Akhir Produk.....	147
Lampiran 21. Dokumentasi Penelitian.....	148
Lampiran 22. <i>Curriculum Vitae</i>	149

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Era Revolusi Industri 5.0 ditandai dengan pesatnya perkembangan teknologi digital dan internet yang mempengaruhi berbagai sektor, termasuk pendidikan. Sistem pendidikan perlu beradaptasi dengan metode pembelajaran inovatif guna meningkatkan kompetensi lulusan yang dibekali dengan keterampilan abad ke-21. Pendidikan di Indonesia bertujuan untuk membentuk individu yang memiliki keterampilan berpikir kritis (*critical thinking*), karakter (*character*), kewarganegaraan (*citizenship*), berpikir kreatif (*creative thinking*), kolaborasi (*collaboration*), dan komunikasi (*communication*) atau 6C's *Education* agar mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi dan zaman (Teknowijoyo dkk, 2022; Aslam dkk., 2020).

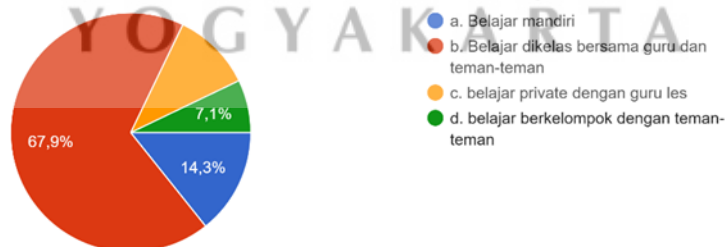
Keterampilan 6C's *Education* tidak hanya membekali peserta didik dengan pengetahuan akademik, tetapi juga keterampilan hidup dibutuhkan untuk menghadapi dunia yang terus berkembang. Metode yang efektif diperlukan untuk membantu generasi *Alpha* mengembangkan keterampilan abad ke 21 (Anugrahsari dkk., 2023). Untuk memenuhi tuntutan ini, pendekatan pembelajaran yang relevan dan inovatif sangat diperlukan. Salah satu model pembelajaran yang terbukti efektif dalam mengembangkan kompetensi tersebut adalah *Project Based Learning* (Alfathy dkk., 2025). Pemanfaatan sumber daya digital juga krusial dalam membantu generasi *Alpha* memperoleh akses informasi yang lebih luas sekaligus mengembangkan keterampilan 6C's *Education* (Devi dkk., 2023).

Pendekatan pembelajaran dengan memanfaatkan teknologi menjadi salah satu strategi dalam mengembangkan keterampilan 6C (6C's *Education*), dengan menciptakan lingkungan belajar yang luas dan interaktif. Strategi tersebut meliputi: (a) meningkatkan kesadaran dan pemahaman terhadap teknologi; (b) memberikan tantangan dari kehidupan sehari-hari yang dapat diselesaikan

peserta didik dengan memanfaatkan teknologi; serta (c) mendorong pengalaman belajar berbasis pemecahan masalah secara kolaboratif dengan memanfaatkan sumber daya digital. Pendekatan ini selaras dengan filosofi model *Project Based Learning* yang memungkinkan pengembangan keterampilan utama abad 21 seperti literasi digital, kolaborasi, berpikir kritis, komunikasi efektif, dan produktivitas yang tinggi (Hariyanto dkk., 2022).

Kolaborasi merupakan salah satu pilar penting dalam 6C's *Education*. Di era globalisasi, kemampuan bekerja sama dengan berbagai individu dari latar belakang yang berbeda menjadi keterampilan yang sangat penting (Montessori dkk., 2023). Dengan proyek kolaboratif berbasis teknologi, peserta didik dapat mengembangkan sikap saling menghargai perbedaan, bertukar ide, serta bekerja sama dalam mencapai tujuan (Rosmana dkk., 2024). Selain itu, kolaborasi juga dapat meningkatkan motivasi belajar, karena peserta didik merasa terlibat dalam kerja secara berkelompok (Devi dkk., 2023). Pembelajaran di abad 21 tidak hanya sekedar menyampaikan pengetahuan, tetapi juga, membentuk karakter kerja sama untuk menghadapi tantangan dunia kerja.

Hasil penyebaran angket kepada peserta didik kelas X di salah satu sekolah swasta di Yogyakarta menunjukkan bahwa 67,9% peserta didik lebih menyukai pembelajaran di kelas bersama guru dan teman-teman dalam bentuk mendengarkan penjelasan materi dari guru, daripada belajar secara mandiri atau berkelompok. Hasil angket peserta didik seperti yang tertera pada gambar 1.1.



Gambar 1. 1. Gaya Belajar Yang di Sukai Peserta Didik

Preferensi ini mengindikasikan minat yang rendah terhadap pembelajaran kolaboratif. Data angket tersebut secara konsisten diperkuat oleh hasil observasi

awal selama pelaksanaan Pengenalan Lingkungan Pendidikan (PLP) di kelas. Observasi ini menunjukkan bahwa interaksi antar peserta didik dalam proses pembelajaran fisika masih belum optimal, terutama saat kegiatan belajar kelompok. Hal ini terlihat dari sebagian peserta didik kurang aktif berpartisipasi, enggan bertanya saat mengalami kesulitan, dan kurang memperhatikan teman yang sedang mengemukakan pendapat. Akibatnya, tugas kelompok sering kali hanya dikerjakan oleh satu orang dan tidak selesai tepat waktu.

Kondisi ini semakin diperjelas melalui wawancara dengan peserta didik yang mengungkapkan kurangnya pemahaman mereka mengenai peran masing-masing dalam kegiatan berkelompok. Selain itu, minimnya kegiatan pembelajaran fisika yang melibatkan aktivitas kelompok juga berkontribusi pada minimnya interaksi langsung dengan teman sekelas. Mayoritas peserta didik hanya fokus dengan *smartphone*, dan menggunakannya untuk hal-hal yang tidak berhubungan dengan pembelajaran, seperti untuk berswafoto, *scroll social media*, dan bermain *game*, sehingga pemanfaatannya dalam pembelajaran belum optimal. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan fasilitas dari guru dalam membimbing kolaborasi yang efektif, minimnya pengalaman peserta didik dalam menyelesaikan tugas kelompok, kurangnya kejelasan dalam pembagian peran dan tanggung jawab, serta tidak adanya panduan konkret dalam menyelesaikan tugas bersama. Selain itu, dinamika kelompok yang kurang harmonis, seperti adanya konflik antaranggota juga menjadi hambatan dalam kerja sama.

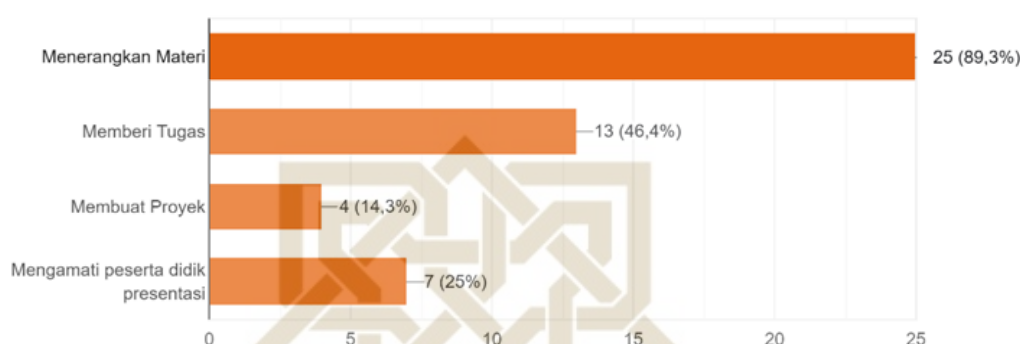
Terlepas dari berbagai kendala yang ada, keterampilan kolaborasi sangat penting dalam pembelajaran fisika karena melatih peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran melalui pemecahan masalah bersama dengan kelompok (Aprilliani dkk., 2025). Peserta didik yang mampu berkolaborasi dengan baik akan memperoleh lebih banyak pengetahuan dan kemampuan bekerja sama juga menjadi kunci keberhasilan dalam kehidupan bermasyarakat saat ini (Wulandari dkk., 2021). Hal ini sangat relevan bagi peserta didik kelas X SMA yang tengah mengalami transisi dari fase D ke E, sering kali ditemukan kendala dalam

berkolaborasi karena masih dalam tahap saling mengenal. Untuk itu, diperlukan inovasi dalam pembelajaran fisika untuk mendukung dan mengembangkan keterampilan kolaborasi di kalangan peserta didik melalui model pembelajaran yang mendukung interaksi dan kerja sama dalam kelompok.

Model pembelajaran dengan pendekatan yang tepat dapat memfasilitasi kemampuan kolaborasi peserta didik dengan mendorong interaksi, diskusi, dan koordinasi dalam menyelesaikan tugas bersama, sehingga membantu mengembangkan keterampilan kolaborasi peserta didik. Hal ini perlu diterapkan berkaitan dengan masalah yang terjadi di kelas berupa rendahnya keterlibatan peserta didik dalam proses belajar, kurangnya kemampuan dalam berkolaborasi dan pengalaman membuat proyek dalam pembelajaran fisika masih minim. Sehingga, salah satu pendekatan yang sesuai dengan menggunakan metode pembelajaran berbasis proyek (*Project Based Learning*) (Damayanti dkk., 2024). Pendekatan ini menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran, mendorong pemahaman terhadap cara belajar serta berkolaborasi dalam kelompok untuk menyelesaikan permasalahan nyata yang relevan sekaligus mengembangkan keterampilan *6C's Education* (Haratua dkk., 2024). Pembelajaran berbasis proyek mengharuskan peserta didik untuk menyelesaikan tugas dalam bentuk proyek. Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) memungkinkan partisipasi aktif peserta didik dan peningkatan peran secara bertahap untuk mencapai prestasi akademik yang optimal (Sopia, 2025). Peserta didik dapat melakukan kegiatan persiapan dan perencanaan, mempelajari lebih lanjut tentang materi, dan mengembangkan ide-ide yang dapat digunakan untuk membuat proyek, tergantung pada pokok bahasan yang akan disajikan, hasil, hingga melakukan penilaian (Mona dkk., 2023).

Project Based Learning (PjBL) memberikan pengalaman belajar kepada peserta didik dalam merancang dan menghasilkan suatu karya secara kolaboratif dalam kelompok (Parawangsa dkk., 2024). Model ini mendorong peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, serta meningkatkan kerjasama tim. Hasil angket yang dilakukan peneliti kepada peserta didik

menunjukkan bahwa pengalaman peserta didik dalam membuat proyek di kelas masih terbatas, yaitu hanya 14,3%. Seperti yang tertera pada gambar 1.2. Hal ini menunjukkan perlunya optimalisasi penerapan *Project Based Learning* dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik.



Gambar 1. 2. Model Pembelajaran yang Diterapkan Guru

Salah satu kendala dalam penerapan *Project Based Learning* adalah kurangnya bahan ajar yang mampu mendukung interaksi peserta didik secara optimal (Asidiqi, 2024). Padahal, keberhasilan *Project Based Learning* dapat bergantung pada bahan ajar yang mendukung interaksi dan eksplorasi peserta didik (Nugraha dkk., 2023). Dalam pembelajaran fisika, pemahaman konsep yang kompleks memerlukan pendekatan diskusi kelompok serta eksplor mandiri. Namun, hasil observasi di sekolah menunjukkan bahwa bahan ajar yang tersedia masih memiliki keterbatasan, seperti penyampaian materi satu arah berupa penyajian informasi dalam bentuk teks dan gambar tanpa adanya interaksi langsung dengan peserta didik, kurang menarik, kurang relevan dengan kebutuhan peserta didik, belum secara optimal dalam mewadahi keterampilan kolaborasi, serta jumlah bahan ajar cetak yang terbatas. Selain itu, berdasarkan wawancara dengan guru fisika, bahan ajar yang digunakan hanya memiliki latihan soal yang minim, materinya kurang lengkap, dan sumber informasi dalam bahan ajar masih menggunakan tautan (*link*) yang harus diketik secara manual, sehingga kurang praktis bagi peserta didik. Akibatnya, peserta didik kurang termotivasi untuk mengeksplorasi materi lebih lanjut. Selain itu, langkah dalam model pembelajaran yang digunakan terkadang terlewatkan atau bahkan tidak terlaksana. Sehingga berjalan tidak sesuai model pembelajaran yang digunakan.

Modul sebagai bahan ajar dirancang dengan tujuan pembelajaran terstruktur, sehingga memungkinkan peserta didik untuk berperan aktif dalam kegiatan kelompok (Syarofatin dkk., 2022). Penggunaan modul dalam pembelajaran berbasis proyek dapat membantu dalam memfasilitasi kolaborasi, berpikir kreatif, dan komunikasi efektif. Modul memiliki peran penting dalam proses pembelajaran. Modul memuat tujuan akhir dari kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan, sehingga peserta didik mengetahui kemampuan dan keterampilan yang harus mereka pelajari untuk mencapai tujuan yang ditetapkan (Laia dkk., 2025). Seiring kemajuan teknologi, penggunaan bahan ajar berbasis digital menjadi alternatif dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika. Hal ini memungkinkan penyajian materi yang lebih interaktif dan menarik, seperti *game* edukasi atau aplikasi pembelajaran yang dapat diakses melalui *smartphone* (Jannah dkk., 2022).

Inovasi yang dapat diterapkan dalam modul pembelajaran adalah integrasi *QR Code*. Dengan mengintegrasikan *smartphone* dan modul cetak melalui *QR Code*, guru dapat menyajikan materi ajar yang lebih interaktif, memungkinkan peserta didik untuk mengakses video, simulasi, atau kuis interaktif yang terhubung dengan *QR Code* (Sari dkk., 2021). Selain itu, *QR Code* dapat menjadi media bantu untuk memantau proses belajar peserta didik ketika menggunakan model pembelajaran melalui evaluasi formatif yang dilaporkan dalam bentuk *google form* yang discan melalui *QR Code*. *QR Code*, sebagai teknologi yang mudah diakses melalui perangkat *smartphone*, memiliki potensi besar untuk memperkaya materi pembelajaran. Teknologi ini sejalan dengan kebijakan yang mengizinkan penggunaan *smartphone* ke dalam kelas pada sekolah yang telah diobservasi. Sekolah memperbolehkan peserta didik membawa *smartphone* ke dalam kelas serta disediakan fasilitas *wifi*. Namun, pemanfaatannya dalam kegiatan pembelajaran belum optimal. Banyak peserta didik menggunakan *smartphone* untuk kegiatan non-akademik, seperti berswafoto, bermain *game*, atau *live* di *social media*. Oleh sebab itu, pengintegrasian *QR Code* dengan modul pembelajaran diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan *smartphone* sebagai alat bantu belajar. Teknologi ini memungkinkan peserta

didik mengakses informasi tambahan di luar isi modul yang tersedia, sehingga memperluas wawasan belajar, menjadikan pembelajaran lebih interaktif, serta mendorong keterlibatan peserta didik secara lebih aktif dalam proses pembelajaran (Riandita dkk., 2023).

Pemanfaatan *QR Code* dalam modul fisika berbasis *Project Based Learning* (PjBL) memungkinkan peserta didik untuk mengakses secara mandiri materi belajar di luar lingkungan kelas. Kemudahan akses ke berbagai sumber daya tambahan memungkinkan peserta didik memperdalam pemahaman materi yang dipelajari (Badriana dkk., 2021). Langkah ini juga dapat mendukung pembelajaran yang lebih personal, di mana peserta didik dapat menyesuaikan gaya belajar dengan tetap berkolaborasi dalam kelompok. Cara ini diharapkan dapat menciptakan suasana belajar yang lebih menyenangkan dan interaktif dengan tautan permainan edukatif sehingga dapat memfasilitasi kolaborasi peserta didik (Rahmayani dkk., 2022). Adanya akses langsung ke sumber belajar tambahan yang beragam melalui *QR Code*, diharapkan modul pembelajaran lebih mudah dieksplorasi oleh peserta didik.

Modul yang dilengkapi dengan teknologi *QR Code*, diharapkan dapat memfasilitasi keterampilan kolaborasi peserta didik pada pembelajaran fisika materi energi terbarukan. Berdasarkan hasil evaluasi, menunjukkan bahwa materi energi terbarukan memiliki nilai rata-rata terendah yaitu 56,23. Hasil angket peserta didik mengindikasikan bahwa materi energi sulit dimengerti, terutama soal cerita yang memerlukan substitusi angka ke dalam persamaan matematis. Di samping itu, keterbatasan waktu dalam proses pembelajaran di kelas menyebabkan penyampaian materi ini kurang optimal. Berdasarkan wawancara dengan guru fisika, menyatakan bahwa kelemahan peserta didik terletak pada pemahaman konsep matematis, dan banyak peserta didik yang memerlukan bahan ajar serta media pembelajaran untuk membantu pemahaman peserta didik.

Salah satu topik yang sangat penting dalam fisika adalah energi terbarukan. Karena energi terbarukan memerlukan pemahaman konsep yang kuat. Materi energi mencakup konsep-konsep dasar seperti energi potensial,

energi kinetik, dan energi mekanik yang seringkali sulit dipahami tanpa bantuan bahan ajar yang tepat (Hasran dkk., 2021). Kurangnya pemahaman terhadap konsep dalam materi tersebut dapat menyulitkan peserta didik dalam menanggulangi persoalan yang terkait. Melalui pembelajaran berbasis proyek, peserta didik diharapkan dapat menghubungkan konsep-konsep tersebut dengan situasi dunia nyata, seperti penggunaan energi dalam kehidupan sehari-hari. Peserta didik tidak hanya memahami teori, tetapi juga dapat mengaplikasikannya dalam produk yang dihasilkan (Amelia dkk., 2024)

Berdasarkan permasalahan di atas, penggunaan *QR Code* dalam modul fisika diharapkan dapat memberikan dukungan terhadap bahan ajar yang lebih efektif, memperkaya materi yang diajarkan, membantu peserta didik untuk lebih memahami konsep-konsep yang selama ini sulit mereka pahami dan pengoptimalan penggunaan *smartphone* untuk pembelajaran. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya memfasilitasi kolaborasi, tetapi juga menciptakan suasana pembelajaran yang lebih menyenangkan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan maka dapat didapatkan identifikasi masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Berdasarkan observasi, pembelajaran fisika masih bersifat pasif. Peserta didik kurang berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran.
2. Berdasarkan angket sebanyak 89,3% peserta didik menyatakan bahwa guru lebih sering menjelaskan materi dan belum optimal dalam melibatkan kolaborasi peserta didik.
3. Berdasarkan observasi, interaksi dan kolaborasi dalam kelompok masih belum optimal, tugas kelompok seringkali hanya dilakukan oleh satu orang tanpa keterlibatan aktif anggota lainnya.
4. Berdasarkan wawancara, terbatasnya bahan ajar mendukung penggunaan teknologi dalam pembelajaran, sehingga proses belajar kurang eksploratif.

5. Berdasarkan observasi dan wawancara, bahan ajar yang tersedia belum bervariasi dan kurang memfasilitasi kolaborasi, menyebabkan peserta didik kurang terlatih dalam berkelompok.
6. Berdasarkan observasi, penggunaan *Smartphone* dalam pembelajaran belum maksimal. Sebagian besar peserta didik menggunakannya untuk bermain *game* atau sosial media daripada untuk kegiatan akademik.
7. Berdasarkan observasi, hasil belajar peserta didik pada materi energi terbarukan hanya 56,23, yang disebabkan oleh kesulitan dalam memahami konsep, mengaplikasikan persamaan fisika, serta memecahkan masalah terkait penerapan konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini bertujuan agar peneliti tetap fokus dengan sasaran yang akan dicapai. Adapun permasalahan pada penelitian ini dibatasi pada pemanfaatan bahan ajar yang belum mengoptimalkan teknologi dan melatih keterampilan kolaborasi peserta didik. Sehingga perlu dikembangkan modul fisika berbasis *Project Based Learning* (PjBL) berbantuan *QR Code* untuk memfasilitasi kolaborasi pada materi energi terbarukan.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana hasil pengembangan modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi keterampilan kolaborasi peserta didik?
2. Bagaimana kualitas produk modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi kolaborasi peserta didik?
3. Bagaimana respon peserta didik terhadap modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi kolaborasi peserta didik?

4. Bagaimana keterlaksanaan pembelajaran fisika menggunakan modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi kolaborasi peserta didik?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan, sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil pengembangan modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi kolaborasi peserta didik.
2. Mengetahui kualitas modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi kolaborasi peserta didik.
3. Mengetahui respon peserta didik terhadap modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi kolaborasi peserta didik.
4. Mengetahui keterlaksanaan pembelajaran fisika menggunakan modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* pada materi energi terbarukan untuk memfasilitasi kolaborasi peserta didik.

F. Spesifikasi Produk

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Modul yang dikembangkan menggunakan penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) dengan berbantuan *QR Code* dengan tujuan memfasilitasi kolaborasi pada materi energi terbarukan.
2. Modul yang dikembangkan berbasis *Project Based Learning* (PjBL) dengan sintaks menurut (Suhartini, 2024) sebagai berikut:
 - a. Menentukan pertanyaan mendasar yang relevan dengan kehidupan nyata.
 - b. Mendesain perencanaan proyek.
 - c. Membuat jadwal pelaksanaan proyek.

- d. Monitoring pelaksanaan *Project Based Learning* oleh guru.
 - e. Menyusun laporan dan presentasi.
 - f. Mengevaluasi proses dan hasil proyek.
3. Modul dirancang menyesuaikan kurikulum yang berlaku di sekolah, yaitu Kurikulum Merdeka.
 4. Modul yang dikembangkan berbentuk media cetak menggunakan kertas B5.
 5. Modul yang dilengkapi dengan *Quick Response Code (QR Code)* dapat memudahkan peserta didik dalam mengakses materi tambahan, video pembelajaran, soal latihan interaktif, atau sumber belajar lainnya secara cepat dan praktis.
 6. Bagian dari modul berbasis *Project Based Learning (PjBL)* berbantuan *QR Code* materi energi terdiri dari:
 - a. Judul modul yaitu Energi Terbarukan berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code*.
 - b. Modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* materi energi dilengkapi dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) agar dapat menyesuaikan kesesuaian hasil belajar yang dicapai.
 - c. Materi energi disajikan dalam bentuk *QR Code* dan tersambung internet sehingga dapat mengakses komponen lain seperti video, demonstrasi proyek, evaluasi proses setiap sintaks *Project Based Learning*, dan *quiz* yang mendukung dalam pembelajaran.
 - d. Latihan soal dapat dikerjakan secara online menggunakan *Google Form*, *wordwall* dan dapat diakses melalui *QR Code* yang terdapat di dalam modul.
 - e. Modul dilengkapi dengan gambar yang menarik agar peserta didik lebih tertarik dalam memahami materi energi terbarukan.
 7. Indikator keterampilan kolaborasi yang disajikan pada modul adalah menghargai pendapat, bekerja secara produktif, fleksibel dan kompromi, berkontribusi aktif, dan bertanggung jawab.

G. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi peserta didik
 - a. Memfasilitasi kolaborasi peserta didik untuk menyelesaikan proyek serta bekerja sama dalam menyelesaikan proyek.
 - b. *QR code* dapat menghubungkan peserta didik dengan sumber daya tambahan, seperti video, simulasi, atau artikel, yang membuat pembelajaran lebih kontekstual dan relevan dengan kehidupan sehari-hari.
2. Bagi guru
 1. Membantu menyampaikan materi bukan hanya melalui metode ceramah. Namun, juga melalui proyek yang dapat memfasilitasi kemampuan kolaborasi peserta didik.
 2. Menambah referensi belajar peserta didik. Bahan ajar dapat langsung terhubung ke video, demonstrasi proyek, dan simulasi melalui *QR Code*.
3. Bagi sekolah
 1. Menambah referensi sumber belajar berupa modul berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code*.
 2. Membantu sekolah dalam menyediakan sumber belajar yang mengikuti perkembangan zaman.

H. Keterbatasan Pengembangan

Penelitian ini dibatasi pada pengembangan modul pembelajaran fisika kelas X pada materi energi terbarukan, dengan fokus memfasilitasi keterampilan kolaborasi peserta didik yang mencakup aspek menghargai pendapat, produktivitas, fleksibilitas dan kompromi, kontribusi aktif, serta tanggung jawab.

I. Definisi Istilah

Dalam penelitian yang dikembangkan menggunakan beberapa istilah. Untuk menyamakan pemahaman mengenai istilah-istilah yang digunakan diperlukan penjabaran. Penjabaran istilah-istilah yang digunakan antara lain:

1. Modul merupakan bahan ajar yang disusun secara sistematis dan terstruktur untuk membantu peserta didik belajar secara mandiri maupun berkelompok. Modul pembelajaran berisi materi, metode, dan evaluasi yang dirancang untuk mencapai tujuan pembelajaran. Keunggulan modul dibandingkan bahan ajar lainnya adalah dapat memberikan pengalaman belajar yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Modul disusun dengan bahasa yang mudah dipahami dan didesain untuk mendukung pembelajaran aktif melalui tugas berupa proyek sederhana yang mengharuskan berkolaborasi dengan teman-temannya.
2. *Project Based Learning* (PjBL) merupakan pendekatan pembelajaran dengan mengarahkan peserta didik untuk merancang, menyusun, dan melaksanakan proyek untuk menghasilkan *output* berupa proyek sederhana. Model ini memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi masalah nyata, menerapkan konsep yang telah dipelajari, serta bekerja secara kolaboratif dalam menyelesaikan proyek yang diberikan. *Project Based Learning* bertujuan untuk mengembangkan keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kewarganegaraan, kolaborasi, dan karakter. Model ini tidak hanya berfokus pada pemahaman materi, tetapi juga pada penerapan konsep dalam situasi dunia nyata.
3. *QR Code* merupakan singkatan dari *Quick Response Code*, yaitu sebuah kode batang (*barcode*) yang dapat dipindai menggunakan kamera *smartphone* atau perangkat lain yang dilengkapi dengan aplikasi pemindai *QR Code*. *QR Code* dapat menyimpan berbagai jenis informasi, seperti teks, URL (alamat website), video, gambar, dan dokumen. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi dengan cepat dan mudah hanya dengan memindai kode menggunakan perangkat yang tersedia.
4. Keterampilan kolaborasi adalah kemampuan untuk bekerja sama dengan orang lain untuk mencapai tujuan bersama. Keterampilan tersebut mencakup berbagai aspek, seperti keterampilan menghargai pendapat orang lain, bekerja secara produktif, fleksibel dan kompromi, berkontribusi aktif, dan bertanggung jawab. Selain itu, keterampilan kolaborasi ini mengharuskan

partisipasi aktif peserta didik, dan tanggung jawab terhadap tugas yang diberikan. Dalam konteks pendidikan dan dunia kerja, keterampilan ini menjadi salah satu kompetensi esensial untuk membangun kerja sama yang efektif dan menciptakan solusi inovatif dalam menghadapi tantangan.

5. Energi terbarukan merupakan salah satu materi fisika kelas X yang mempelajari tentang energi, bentuk energi, sumber-sumber energi, upaya pemenuhan kebutuhan energi, dan dampak eksploitasi energi. Sumber energi ini tidak akan pernah habis karena dapat terus diperbarui secara alami, seperti energi matahari, angin, air, dan biomassa. Konsep energi terbarukan juga mencakup pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari serta dampaknya terhadap lingkungan. Energi ini dianggap lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan energi fosil yang bersifat terbatas dan menghasilkan emisi gas rumah kaca.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Penelitian ini menghasilkan bahan ajar berupa Modul Fisika Berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* untuk Memfasilitasi Keterampilan Kolaborasi Pada Materi Energi Terbarukan. Pengembangan produk ini berdasarkan analisis peserta didik, analisis materi, dan analisis perumusan tujuan pembelajaran di SMA Kolombo Yogyakarta.
2. Kualitas Modul Fisika Berbasis *Project Based Learning* berbantuan *QR Code* yang dikembangkan berdasarkan pada penilaian ahli materi, ahli media, dan guru fisika dengan rata-rata skor masing-masing sebesar 3,90; 3,59 ;3,90 dan memperoleh kriteria Sangat Baik (SB). Hasil ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam modul sudah sesuai dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP). Selain itu, materi dan contoh yang diberikan selaras dengan konsep energi terbarukan. Visualisasi modul juga dinilai menarik dan secara efektif mendukung proses kolaborasi antarpeserta didik.
3. Uji respon peserta didik pada uji coba terbatas dan uji coba luas memperoleh kriteria Sangat Baik (SB) dengan skor 3,50 dan 3,41. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik setuju dengan tampilan modul yang menarik, serta kemudahan dalam menggunakan modul fisika.
4. Keterlaksanaan penggunaan Modul Fisika dalam pembelajaran oleh empat observer memperoleh kriteria Sangat Baik (SB) dengan rata-rata keseluruhan 0,99. Hal ini menunjukkan bahwa Modul yang dikembangkan memiliki pengaruh terhadap keterampilan kolaborasi. Salah satunya memaksimalkan waktu dan membagi peran dalam kelompok.

B. Keterbatasan Penelitian

Adapun keterbatasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bahan ajar berupa modul hanya terbatas pada materi energi terbarukan.

2. Model pembelajaran dalam modul terbatas pada *Project Based Learning*.
3. Modul ini hanya diimplementasikan pada satu sekolah.
4. Modul yang dikembangkan hanya sampai pada tahapan memfasilitasi keterampilan kolaborasi.
5. Proses pelaporan proyek dilakukan dengan mengunggah laporan tulisan tangan ke *Google Forms*, bukan menyusun laporan secara langsung di *platform* tersebut.

C. Saran

1. Setiap sintaks dalam *Project Based Learning* diselipkan waktu perkiraan pengerjaan proyek. Supaya peserta didik dapat memperkirakan waktu setiap tahapannya.
2. Latihan soal yang terdapat dalam modul hanya pilihan ganda saja. Harapan untuk penelitian selanjutnya agar mengembangkan latihan soal dalam bentuk uraian.
3. Modul dapat hanya memuat materi energi terbarukan. Kedepannya dapat dikembangkan untuk materi fisika lainnya.
4. Model pembelajaran yang digunakan dalam modul bisa lebih bervariasi dan dieksplorasi lebih lanjut di penelitian berikutnya.
5. Modul dapat dikembangkan lebih mendalam untuk meningkatkan efektivitasnya dalam memfasilitasi keterampilan kolaborasi peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, S. (2021). Penerapan Media Pembelajaran QR Code Berbantuan Canva Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Akuntansi. *Jurnal Nalar Pendidikan*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.26858/jnp.v9i1.20228>
- Ahwan, R., Basuki, S., & Mashud. (2023). Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa melalui Aktivitas Kebugaran Jasmani Menggunakan Model Project Based Learning (PjBL) SMA Negeri 3 Banjarbaru. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, 9(1), 106–119. <https://zenodo.org/records/7592832>
- Aisyah, S., Noviyanti, E., & Triyanto. (2020). Bahan Ajar Sebagai Bagian Dalam Kajian Problematika Pembelajaran Bahasa Indonesia. *Jurnal Salaka*, 2(1), 62–65. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/salaka/article/view/1838/1497>
- Alfathy Ibadurrahman, Farisah Heni Siti, Siti Rosmawati, Azizah Wafiqah Siti, & Rahayu Sri. (2025). Model Pembelajaran PJBL Untuk Meningkatkan Keterampilan Belajar Siswa. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 1. <https://journal.al-aarif.com/index.php/jurnalilmupendidikan/article/view/25/18>
- Aliyah. (2022). Pengembangan Pembelajaran PAI Berbasis Modul. *Jurnal Ilmu Sosial, Agama, Budaya, dan Terapan*, 2(3), 139–147. <https://ejournal.baleliterasi.org/index.php/kasta/article/view/376>
- Amelia, O., Sundari, P. D., Mufit, F., & Dewi, W. S. (2024). Analisis Kebutuhan Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan Contextual Teaching and Learning Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Pada Materi Energi Terbarukan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 34–39. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1849>
- Anita, S., & Ravindra, K. (2022). QR Codes in Education: A Review. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 9(1), 193–205. <https://doi.org/10.32628/ijrst229118>
- Anugrahsari, I., & Ismail. (2023). Transformasi Pendidikan Abad 21: Filsafat Pendidikan dalam Wujud Kurikulum Merdeka. *Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 1.
- Aprillia, E., Nurhayati, C., & Pandiangan, A. P. B. (2022). Perubahan Kurikulum Pada Proses Pembelajaran. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Sosial*, 1(4), 402–407. <https://doi.org/10.58540/jipsi.v1i4.78>
- Arnidha, Y., & Yusron, S. M. (2023). Inovasi Aplikasi Environmental Mathematics pada Smartphone sebagai Media Interaktif Pembelajaran Matematika Berbasis Lingkungan. *Jurnal Muara Pendidikan*, 8(2), 266–273. <https://doi.org/10.52060/mp.v8i2.1454>

- Asidiqi, D. F. (2024). Model Project Based Learning (PjBL) dalam Meningkatkan Kreativitas Siswa. *Jurnal Pendidikan Dasar Setia Budhi*, 7(2), 2024.
- Aslam, F., Aimin, W., Li, M., & Rehman, K. U. (2020). Innovation in the era of IoT and industry 5.0: Absolute innovation management (AIM) framework. *Information (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/info11020124>
- Asyari, A., Meiliyadi, L. A. D., Sucilestari, R., & Arizona, K. (2024). Exploring Student Creativity and Collaboration Through Project Based Learning with Google Sites. *Jurnal Pendidikan Islam*, 10(2), 308–322. <https://doi.org/10.15575/jpi.v10i2.40215>
- Badriana, S., Apriani, H., & Marito, M. (2021). Pengembangan Modul Fisika Berbasis QR-CODE pada Pokok Bahasan Fisika Inti Kelas XII SMA. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 2(2), 124–132. <https://jim.unindra.ac.id/index.php/schrodinger/article/view/4363/pdf>
- Branch, R. M. (2010). Instructional design: The ADDIE approach. *Instructional Design: The ADDIE Approach*, 1–203. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Damayanti, I. S., & Budiawanti, S. (2024). Pengembangan E-MODUL Fisika Berbasis PBL Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 13(3), 136–142. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JPF/article/view/52698/15254>
- Devi, P. A. P., Wulan, T. S., Reni, & Sampoerno, M. R. (2023). Peningkatan Kompetensi Creative, Communication, Colaboration Dan Critical Thinking (4C) Generasi Milenial. *AMMA : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(9), 1094–1098. <https://www.journal.mediapublikasi.id/index.php/amma/article/view/3657/1959>
- Devi, S. R., Mulyasari, E., & Anggia, G. (2023). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik Melalui Penerapan Model Kooperatif Tipe Group Investigation Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi pada Maat Pelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 9(1). <https://www.journal.stkipsubang.ac.id/index.php/didaktik/article/view/669/592>
- Ervina, Arnidah, & H Nurhikmah. (2025). Pengembangan Modul Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila Berbasis Project Based Learning. *Jurusan Teknologi Pendidikan, Universitas Negeri Makassar, Indonesia*, 12(2), 907–917. <https://es.upy.ac.id/index.php/es/article/download/4556/2723/12437>
- Firman, Nur, S., & SL.Taim M. A. (2023). Analisis Keterampilan Kolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran Biologi. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan*

- Pembelajaran Biologi*, 7(1), 82–89.
<https://doi.org/10.33369/DIKLABIO.7.1.82-89>
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *FISIKA DASAR* (W. Hardani, Drajat Adie M, & Sinarmata Lameda, Ed.; 7 ed.). Penerbit Erlangga.
- Haratua, C. S., Ismawati, I., Putri, S. S., & Widiyantoro, W. (2024). Strategi Pembelajaran IPA pada Peserta Didik dengan Menggunakan Metode Pembelajaran Project Based Learning (JPBL). *Concept: Journal of Social Humanities and Education*, 3(3), 244–253.
<https://doi.org/10.55606/concept.v3i3.1413>
- Hariyanto, H. N., Dasmo, & Setiadi, A. (2022). Pengembangan Modul Fisika Berbasis Saintifik Berbantuan QR Code Pada Materi Termodinamika Kelas XI SMA. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 2(3), 129–136.
<https://jim.unindra.ac.id/index.php/schrodinger/article/view/8093/pdf>
- Hartina, A. W., Wahyudi, & Permana, I. (2022). Dampak Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dalam Pembelajaran Tematik. *Journal of Education Action Research*, 6(3), 341–347.
<https://doi.org/10.23887/jear.v6i3>
- Hasran, S. H., Eso, R., Takda, A., & Ute, N. (2021). Identifikasi Miskonsepsi Fisika Peserta Didik di SMAN 5 Kendari Kelas XI pada Materi Usaha dan Energi Berbasis Four Tier Test Diagnostic. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 6(2).
<https://doi.org/10.36709/jipfi.v6i2.18922>
- Hasrul, R. (2021). Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 5(2), 79–87.
<https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/7024/3179>
- Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model ADDIE (Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluate) dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Inovasi Pendidikan Agama Islam*, 1(1).
<https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/jipai/article/view/11042>
- Hindun, I., Nurwidodo, N., Wahyuni, S., & Fauziah, N. (2024). Effectiveness of project-based learning in improving science literacy and collaborative skills of Muhammadiyah middle school students. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 58–69. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.31628>
- Jannah, D. R. N., & Atmojo, I. R. W. (2022). Media Digital dalam Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis Abad 21 pada Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(1), 1064–1074.
<https://doi.org/10.31004/BASICEDU.V6I1.2124>

- Karan, E., & Brown, L. (2021). Enhancing Student's Problem-solving Skills through Project-based Learning. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*.
- Kasendri, A., & Rohim, K. (2022). *Pandangan Mahasiswa Teknik Geofisika Terhadap Green Energy*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17509.68325>
- Khasanah, L. N., Maksum, M. N. R., & Zahid Nurul Nashuha binti. (2025). International Journal of Islamic Studies The Implementation of Project-Based Learning to Enhance Collaborative Skills in Senior High School. *International Journal of Islamic Studies*, 35(1), 2025. <https://doi.org/10.23917/suhuf.v36i1.10189>
- Kinasih, T., & Ratnawati, N. (2024). The effectiveness of the project based learning model in improving students' collaboration skills on creative economic materials. *Jurnal Teori dan Praksis Pembelajaran IPS*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.17977/um022v9i12024p1>
- Laia, D. E., Fitriani, V., & Sari, L. Y. (2025). Validitas E-Modul Berbasis Project Based Learning pada Materi Enzim dan Metabolisme untuk Kelas XII Fase F SMA/MA. *Indonesian Research Journal on Education*, 5(2), 53–57. <https://irje.org/irje/article/view/2218/1490>
- Magdalena, I., Sundari, T., Nurkamilah, S., Nasrullah, & Amalia, D. A. (2020). ANALISIS BAHAN AJAR. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 2(2), 311–326. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/nusantara/article/view/828>
- Makkasau, A., Irfan, M., Syamsuddin, & Azizah, N. (2022). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Saintifik Pada Materi IPA di Kelas V SD Inpres Minasa Upa 1 Kecamatan Rappocini Kota Makassar. *Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 08(02). <https://journal.stkipsubang.ac.id/index.php/didaktik/article/view/468/369>
- Maulida, U. (2022). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Pemikiran Islam*, 5(2). <https://stai-binamadani.e-journal.id/Tarbawi/article/view/392>
- Mona, N., Rachmawati, R. C., & Anshori, M. (2023). Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Keterampilan Kreativitas Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Guru Profesional*, 1(2), 150–167. <https://doi.org/10.26877/jpgp.v1i2.230>
- Montessori, V. E., Murwaningsih, T., & Susilowati, T. (2023). Implementasi keterampilan abad 21 (6c) dalam pembelajaran daring pada mata kuliah Simulasi Bisnis. *JIKAP (Jurnal Informasi dan Komunikasi Administrasi Perkantoran)*, 7(1), 65. <https://doi.org/10.20961/jikap.v7i1.61415>

- Mulkan, A., Nazaruddin, & Abd, M. (2022). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik UNIDA*, 3(1).
https://www.researchgate.net/publication/372954334_Analisis_Pemanfaatan_Energi_Angin_Sebagai_Sumber_Pembangkit_Energi_Listrik
- Munazad, L., Hafiah, E., & Sauqina. (2023). Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis ICARE untuk Memfasilitasi Keterampilan Kolaborasi Siswa SMP/MTs. *Journal Of Teacher Education*, 5(1), 9–28.
<https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jote/article/view/15491/13486>
- Murdani, E. (2020). Hakikat Fisika dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 3(3).
- Nugraha, I. R. R., Supriadi, U., & Firmansyah, M. I. (2023). Efektivitas Strategi Pembelajaran Project Based Learning dalam Meningkatkan Kreativitas Siswa. *Jurnal Penelitian dan Pendidikan IPS*, 17(1), 39–47.
<https://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPPI/article/view/8608>
- Nuridin, R. A., Kadir, J., Wungubelen, A. L., Bahri, A., & Masni. (2024). Model Pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) Berbasis Investigation-Based Scientific Collaborative (IBSC) untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa. *Indonesian Research Journal on Education Web Jurnal Indonesian Research Journal on Education*, 5(1), 111–121.
<https://irje.org/irje/article/view/1862/1160>
- Oktavianatun, A., & Nugraheni, N. (2024). Analisis Perkembangan Pendidikan Berkualitas Sebagai Upaya Mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 1(10), 113–118.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11181016>
- Paputungan, D., Ondeng, S., & Arif, M. (2024). Konsep, Prinsip, Tujuan, dan Manfaat Pengembangan Bahan Ajar PAI. *Journal Of Islamic Education Manajemet Research*, 3(1), 35–44.
- Parawangsa, A., Sahilah, N., Ismelda, R., Supriyad, & Hermawan, J. S. (2024). Implementasi Model Pembelajaran PJBL Berbantuan Aplikasi Wattpad dalam Meningkatkan Kemampuan Menulis Cerpen pada Peserta Didik Kelas 5 SD. *Journal Of Social Science Research*, 4(6). <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/15923>
- Purwanto. (2013). *Prinsip-prinsip dan Teknik Evaluasi pengajaran*. PT. Remaja Rosdakarya.
- Putri, R. I., Alham, N. R., Larasati, T. D., Fathurrozi, A., & Respati, L. L. (2025). Kajian Potensi Energi Baru Terbarukan Untuk Mendukung Transisi Energi di

- Kota Samarinda. *TEKIBA : Jurnal Teknologi dan Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.36526/tekiba.v5i1.4646>
- Rahayu, D., Puspita, A. M. I., & Puspitaningsih, F. (2020). Keefektifan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Sikap Kerjasama Siswa Sekolah Dasar. *Pedagogi: Jurnal Penelitian Pendidikan*, 7(2), 122. <https://doi.org/10.25134/pedagogi.v7i2.3626>
- Rahma, T. T. (2023). Kajian Teori: Peran Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEAM Terhadap Kemampuan Berpiir Kreatif Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 7, 309–316. <https://proceeding.unnes.ac.id/prisma/article/view/2967>
- Rahmawati, L. H., & Wulandari, S. S. (2020). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Scientific Approach Pada Mata Pelajaran Administrasi Umum Semester Genap Kelas X OTKP di SMK Negeri 1 Jombang. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran*, 8(3), 2020. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jpap/article/view/8445>
- Riandita, L., Sanjaya, R., Muftachina, N., & Anggraeni, D. (2023). Implementasi Penggunaan QR Code Sebagai Media Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Pada Siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP) Salafiyah Pekalongan. *Mozaic Islam Nusantara*, 9(1), 15–28. <https://doi.org/10.47776/moza>
- Rohmah Davina Nafisatur, Kanafillah Ahmad, Dewi Retno Mustika, & Hakim Luqman. (2025). Pengembangan Modul Berbasis Proyek Terintegrasi Barcode untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Pada Materi Badan Usaha SMA. *Jurnal PenKoMi : Kajian Pendidikan dan Ekonomi*, 8(2), 2614–6002. <http://jurnal.stkipbima.ac.id/index.php/PK/index>
- Rosdianwinata, E., Rifa'i, R., Sutihat, S., & Suryani, N. (2022). Efektifitas Pembelajaran PBL (Problem Based Learning) Berbantu QR Code Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Matematika. *MENDIDIK: Jurnal Kajian Pendidikan dan Pengajaran*, 8(1), 58–65. <https://doi.org/10.30653/003.202281.212>
- Rosmana S.P, Ruswan A, Sari K, Rahmawati R, Sativa O, Maulana R, Mardiana R, & Agustia Y. (2024). Pembelajaran Berbasis Proyek: Perancangan Modul Pembelajaran yang Mendorong Kolaborasi dan Kreativitas. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8.
- Rumahorbo, P. R., & Nursadi, H. (2023). Energi Baru Terbarukan Sumber Daya Air : Manfaat dan Dampaknya terhadap Lingkungan Hidup. *Jurnal Darma Agung*, 31(1), 185–202. <https://www.bing.com/search?q=ENERGI+BARU+TERBARUKAN+SUMBER+DAYA+AIR+%3A+MANFAAT+DAN+DAMPAKNYA+TERHADA>

P+LINGKUNGAN+HIDUP+Oleh%3A+Rony+Parulian+Rumahorbo+1)+Harsanto+Nursadi+2)+Universitas+Indonesia+1%2C2)&cvid=650cd2f5842b4e669e74d8843493990b&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBBFGDkyBggAEEUYOdIBBzM2NGowajGoAgiwAgE&FORM=ANAB01&adppc=EDGEESS&PC=ACTS

- Rumiati, Handayani, R. D., & Mahardika, I. K. (2021). Analisis Konsep Fisika Energi Mekanik Pada Permainan Tradisional Egrang Sebagai Bahan Pembelajaran Fisika. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro*, 9(2), 131–146. <https://doi.org/10.24127/jpf.v9i2.3570>
- Saefuddin, M. T., Wulan, T. N., Savira, & Juansah, D. E. (2023). Teknik Pengumpulan Data Kuantitatif dan Kualitatif pada Metode Penelitian. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(3). <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/12005/5080>
- Sari, L. P., Hatchi, I., & Kahanna, M. (2020). Modul Ajar Fisika Dasar Berbasis Model Project Based Learning (PjBL) yang Efektif Bagi Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Journal Education and development*, 8(1), 272–275. <https://www.neliti.com/publications/561585/modul-ajar-fisika-dasar-berbasis-model-project-based-learning-pjbl-yang-efektif>
- Sari Lifda, Farida, & Arif, D. (2022). Validitas LKPD Berbasis Model Project Based Learning Pembelajaran Tematik di Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 8(4). <https://doi.org/10.31949/jcp.v8i2.3215>
- Sarosa Samiaji. (t.t.). *Analisis Data Penelitian Kualitatif*. Diambil 8 Maret 2025, dari <https://kubuku.id/detail/analisis-data-penelitian-kualitatif/86745>
- Sidik, F. D. M., & Kartika, I. (2020). Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan Problem Based Learning untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI Materi Gejala Gelombang. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(2), 185–201. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i2.6277>
- Sopia. (2025). Implementasi Kurikulum Merdeka Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek pada Sekolah Penggerak SMPIT Al-Fityan Boarding School Bogor. *Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah*, 5(1). <https://jurnalp4i.com/index.php/secondary>
- Suhartini, H. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) pada materi Energi Terbarukan di SMAN 3 Pandeglang. *MENDIDIK: Jurnal Kajian Pendidikan dan Pengajaran*, 10(1), 59–64. <https://doi.org/10.30653/003.2024101.84>
- Sulastri, T., Nurfajriani, & Silaban Ramlan. (2025). Pengembangan Modul Ajar Kimia Inovatif Berbasis PBL Yang Terintegrasi dengan Kearifan Lokal Gayo

- Lues-Aceh. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 14(1).
<https://jurnaldidaktika.org>1169
- Sulistiani, E., & S Ageng, S. K. (2024). Fenomena Pencemaran Lingkungan: Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan. *JURNAL MANAJEMEN DAN BISNIS EKONOMI*, 2(2), 301–305. <https://doi.org/10.54066/jmbe-itb.v2i2.1599>
- Syarofatin, H. R., Isnaeni, W., & Alimah, S. (2022). Android Based Module Development with Project-Based Learning Model on Immune System Materials to Improve Critical Thinking and Digital Literature Skills. *Ririn Hamidatus Syarofatin et al. / Journal of Innovative Science Education*, 11(3), 314–324. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>
- Tambunan, E. E., Ramadhani, Y. R., & Sibuea, B. (2024). The Impact of Project-Based Learning on Collaborative and Critical Thinking Skills of Students in Translation Course. *Journal Of English Language Teaching and Applied Linguistics*, 2. <https://doi.org/10.55266/journaletanic.v2i1.380>
- Teknowijoyo, F., & Marpelina, L. (2022). Relevansi Industri 4.0 dan Society 5.0 Terhadap Pendidikan Di Indonesia. *Educatio*, 16(2), 173–184. <https://doi.org/10.29408/edc.v16i2.4492>
- Tendri, M. T., & Ulli, U. H. (2025). AI-based mind mapping in project-based learning: Impact on students' collaboration skills. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 370–377. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.37831>
- Thalib, M. A. (2022). Pelatihan Analisis Data Model Miles dan Huberman untuk Riset Akuntansi Budaya. *Jurnal Pengabdian Ilmiah*, 5(1), 23–33. <https://journal.iaingorontalo.ac.id/index.php/md/article/view/2581/1405>
- Trianiza, I., Lisdawati, N. A., & Herlina Firda. (2022). *FISIKA DASAR*. CV. Pena Persada.
- Triwoelandari, R., Rahmawati, P., & Gustiawati, S. (2023). Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis Project Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi Siswa Kelas 5 SD/MI. *Journal of Elementary Education*, 7. <https://jurnalfai-uikabogor.org/index.php/attadib/article/view/2298>
- Usman, Cahya Putri Starlet, & Wahyuni, I. (2023). Kelayakan Modul Ajar Berdiferensiasi Proyek Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 7(2), 99–108. <http://jurnal.um-palembang.ac.id/index.php/dikbio>
- Widyoko Putro Eko Sugeng. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*.

- Wijayanti, D. M. (2021). *Energi Panas Bumi*.
https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=H4zOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=energi&ots=xD41dP1Ywx&sig=P6_yaCG-HdlfCJ0EHF1GstCkJPY&redir_esc=y#v=onepage&q=energi&f=false
- Wulandari, C. A., Rahmaniati, R., & Kartini, N. H. (2021). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi dan Hasil Belajar dengan Menggunakan Model Pembelajaran Teams Games Tournament. *Pedagogik Jurnal Pendidikan*, 16(1), 1–11.
https://www.researchgate.net/publication/353432103_Peningkatan_Keterampilan_Kolaborasi_Dan_Hasil_Belajar_Dengan_Menggunakan_Model_Pembelajaran_Teams_Games_Tournament
- Yani, R., Anwar, R. B., & Vahlia, Ira. (2022). Pengembangan Modul Matematika Berbasis Pendekatan Kontekstual Disertai QR Code pada Materi Logaritma. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(1), 224.
<https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i1.4703>
- Zulhaida Siti. (2023). *Pengembangan Modul Projek Penguatan Profil Pelajar pancasila dalam Implementasi Kurikulum Merdeka di SDN Pengasinan 1*. 49–52.
https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/74803/1/11190183000058_SITI%20ZULHAIDA_.pdf