

**PENGEMBANGAN KOMIK DIGITAL ENERGI
TERBARUKAN TERINTEGRASI STEAM (*SCIENCE,
TECHNOLOGY, ENGINEERING, ART AND
MATHEMATICS*) PADA PLATFORM *LINE WEBTOON***

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1



Putri Rahmawati Azizah

NIM. 18106090043

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

2025

HALAMAN 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-2256/Un.02/DT/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Pengembangan Komik Digital Energi Terbarukan yang Terintegrasi *STEAM* (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) pada Platform *Line Webtoon*

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : PUTRI RAHMAWATI AZIZAH
Nomor Induk Mahasiswa : 18106090043
Telah diujikan pada : Jumat, 08 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

Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 68a73c7884291



Penguji I

Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a5ac7094296



Penguji II

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

Valid ID: 68a731829a4ee



Yogyakarta, 08 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

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

Valid ID: 68a7e88256a72

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Kepada Yth
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Tempat

Assalamualaikum wr. wb

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Putri Rahmawati Azizah

NIM : 18106090043

Judul Skripsi : Pengembangan Komik Digital Energi Terbarukan Terintegrasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art And Mathematic*) pada Platform Line Webtoon

Sudah dapat diajukan kepada Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan.

Dengan ini saya mengharap agar skripsi tersebut dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum wr. wb

Yogyakarta, 31 Juli 2025
Pembimbing

Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc.

NIP: 19820322 201503 1002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Putri Rahmawati Azizah
NIM : 18106090043
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengembangan Komik Digital Energi Terbarukan Terintegrasi STEAM (Science, Technology, Engineering, Art And Mathematic) pada Platform Line Webtoon” adalah hasil karya pribadi dan sepanjang pengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagai acuan.

Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggungjawab penulis.

Yogyakarta,
Yang menyatakan,



Putri Rahmawati Azizah

NIM 18106090043

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah bini'matihi tatimush shalihaat, segala puji dan syukur bagi Allah *Subhanahu Wa ta'ala* yang telah memberikan nikmat hingga segala kebaikan terjadi atas izinNya. Skripsi yang akhirnya selesai dan jauh dari kata sempurna ini

saya persembahkan kepada:

Ibu Sutarni, Ibu saya tercinta berkat cinta, doa dan dukungannya yang tak pernah lelah memberi saya semangat dan selalu kebersamaan saya hingga di titik ini.

Almarhum Bapak Rohmadi, Ayah saya tercinta yang telah mewariskan cita-cita dan harapan agar saya bisa menjadi sarjana sehingga menjadi penyemangat untuk menyelesaikan perkuliahan ini.

Keluarga dan orang-orang terdekat saya yang selalu ada, mendukung dan membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.



MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan, ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah Ayat 5)

“Meskipun merasa terlambat, jangan menyerah”



KATA PENGANTAR

Asslamu 'alaikum Warrahmatullhi Wabarakatuh.

Alhamdulillahil 'alamin, Segala puji dan syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala atas segala rahmat, taufiq dan nikmat yang Allah berikan kepada penulis. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW. keluarga, sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Setelah melalui proses yang panjang berkat pertolongan Allah SWT kesulitan dapat dilewati dan juga berkat bantuan semua pihak yang amat berarti bagi penulis proses mendapatkan gelar Strata I Pendidikan (S.Pd.) dapat diselesaikan dengan penuh rasa syukur. Tanpa mengurangi rasa hormat, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua saya dan keluarga yang selalu membantu dan mendukung untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed. dan Ibu Puspo Rohmi, M.Pd. selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Murtono, M.Si. selaku Dosen Penasihat Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan.
4. Bapak Rachmad Resmiyanto, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan motivasi, bimbingan serta arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Ibu Dr. Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si. dan Ibu Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed. selaku Penguji yang telah memberikan masukan dan saran untuk menyempurnakan skripsi ini.
6. Validator dan penilai yang telah membantu selama proses penelitian ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan banyak ilmu serta dukungan dengan tulus.
8. Sahabat saya Luluk Anisa Muafiah dan Laili Hidayati Khoirunnisa yang sedari awal perkuliahan selalu menemani dan membantu untuk berjuang bersama

hingga akhirnya bisa menyelesaikan perkuliahan ini dengan rasa lega dan bahagia.

9. Teman-teman seperjuangan bimbingan yaitu Nina, Ika dan Ulum serta teman-teman seangkatan yang kebersamaan selama masa studi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas bantuan dan dukungannya selama pembuatan skripsi.

Semoga bantuan yang telah diberikan semua pihak di atas menjadi amal bermanfaat dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharap masukan dan saran yang membangun guna perbaikan kedepannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat digunakan sebagaimana mestinya. *Aamiin ya Rabbal'Alamin.*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 1 Agustus 2025

Penulis,

Putri Rahmawati Azizah

18106090043

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PENGEMBANGAN KOMIK DIGITAL ENERGI TERBARUKAN TERINTEGRASI STEAM (SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, ART AND MATHEMATICS) PADA PLATFORM LINE *WEBTOON*

Putri Rahmawati Azizah

18106090043

INTISARI

Materi energi terbarukan yang termasuk pada kurikulum fisika di sekolah masih cenderung tekstual dan teoritis, sehingga siswa mudah bosan dan kurang antusias dalam pembelajaran. Salah satunya dikarenakan keterbatasan sumber belajar pendukung yang variatif dan menarik secara visual bagi siswa. Oleh karenanya pengembangan sumber belajar pendukung yang menarik secara visual diperlukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan komik digital terintegrasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art And Mathematics*) pada platform *LINE Webtoon*, mengetahui kualitas komik digital dan mengetahui respon pembaca komik digital energi terbarukan yang sudah dikembangkan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D), dengan menggunakan model 4-D dari Thiagarajan yaitu *define develop design and disseminate*. Namun penelitian ini dibatasi hanya sampai tahap *develop* atau pengembangan yaitu dengan melakukan uji validasi, penilaian kualitas dan uji respon terbatas.

Berdasarkan hasil penilaian kualitas komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) pada platform *LINE Webtoon* penilaian dari ahli materi memperoleh skor rata-rata (3,67) dengan kategori **Sangat Baik (SB)**, sedangkan penilaian ahli media memperoleh rata-rata skor (3,69) dengan kategori **Sangat Baik (SB)**. Hasil uji respon terbatas terhadap komik digital kepada siswa memperoleh skor rata-rata respon siswa (0,88) dengan kategori respon **Setuju**. Hasil penilaian kualitas menunjukkan komik digital memenuhi kualitas sebagai sumber belajar pendukung yang diterima dengan baik oleh siswa.

Kata Kunci: Komik Digital, STEAM, *LINE Webtoon*, Energi Terbarukan

DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY DIGITAL COMIC INTEGRATED STEAM (SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, ART, AND *MATHEMATICS*) ON THE LINE *WEBTOON* PLATFORM

Putri Rahmawati Azizah

18106090043

ABSTRACT

The renewable energy material included in the school physics curriculum still tends to be textual and highly theoretical, which often causes students to become bored and less enthusiastic in learning. One of the contributing factors is the limited availability of diverse and visually engaging learning resources. Therefore, the development of visually appealing supplementary learning resources is necessary.

This study aims to develop a digital comic integrated with STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) on the LINE *Webtoon* platform, to evaluate the quality of the digital comic, and to examine the responses of readers toward the developed renewable energy digital comic.

The method used in this study is Research and Development (R&D), employing the 4-D model by Thiagarajan, which consists of Define, Design, Develop, and Disseminate. However, this research is limited only to the Develop stage, which involves validation testing, quality assessment, and a limited response test.

Based on the results of the quality assessment of the STEAM-integrated renewable energy digital comic on the LINE *Webtoon* platform, the evaluation by subject matter experts obtained an average score of 3.67, categorized as **Very Good**, while the evaluation by media experts obtained an average score of 3.69, also categorized as **Very Good**. The results of the limited response test conducted with students yielded an average response score of 0.88, categorized as **Agree**. The quality assessment results indicate that the digital comic meets the standards of a supplementary learning resource and is well received by students

Keywords: Digital Comic, STEAM, LINE *Webtoon*, Renewable Energy

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	9
C. Batasan Masalah.....	10
D. Rumusan Masalah	10
E. Tujuan Penelitian	10
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	11
G. Manfaat Penelitian.....	12
H. Keterbatasan Pengembangan.....	13
I. Definisi Istilah.....	13
BAB II LANDASAN TEORI	15
A. Kajian Teori.....	15
1. Komik Digital.....	15
2. Komik sebagai Sumber Belajar Pendukung.....	17
3. <i>LINE Webtoon</i>	19
4. Hubungan Energi Terbarukan dan STEAM.....	21
B. Kajian Penelitian yang Relevan	32
C. Kerangka Berpikir	34

BAB III METODE PENELITIAN	37
A. Model Penelitian.....	37
B. Prosedur Pengembangan	37
1. Tahap pendefinisian (<i>define</i>)	39
2. Tahap perancangan (<i>design</i>).....	41
3. Tahap pengembangan (<i>develop</i>).....	44
C. Uji Coba Produk.....	46
1. Desain Uji Coba	46
2. Subjek Uji.....	46
3. Jenis Data	47
4. Instrumen Pengumpulan Data	47
D. Teknik Analisis Data	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
A. Hasil Penelitian.....	53
B. Pembahasan	81
C. Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian.....	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	99
A. Kesimpulan.....	99
B. Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN-LAMPIRAN	107

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Instrumen Penelitian Yang Digunakan	48
Tabel 3. 2 Pedoman Skor Penilaian Kualitas Produk	50
Tabel 3. 3 Pedoman Skor Respon Siswa.....	51
Tabel 3. 4 Pedoman Kategori Kualitas Produk.....	51
Tabel 3. 5 Pedoman Kategori Respon Siswa	52
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Konten Komik Bertema Energi Terbarukan.....	55
Tabel 4. 2 Capaian Pembelajaran Fase E Kurikulum Merdeka.	57
Tabel 4. 3 Hasil Analisis STEAM Pada Materi	60
Tabel 4. 4 Referensi Awal Pembuatan Komik Digital.....	64
Tabel 4. 5 Saran dan Masukan Validator	70
Tabel 4. 6 Revisi Validasi Ahli Materi	71
Tabel 4. 7 Revisi Validasi Ahli Media.....	72
Tabel 4. 8 Hasil Penilaian Ahli Materi.....	75
Tabel 4. 9 Saran dan Masukan Penilai Materi	76
Tabel 4. 10 Hasil Penilaian Ahli Media.....	77
Tabel 4. 11 Saran dan Masukan Penilai Media.....	78
Tabel 4. 12 Hasil Uji Respon Siswa	80



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Emisi Karbon Dari Penggunaan Bahan Bakar Fosil.....	1
Gambar 1. 2 Hasil Pretest Pengetahuan Awal Siswa.....	4
Gambar 2. 1 Tampilan Halaman Awal <i>LINE Webtoon</i>	20
Gambar 2. 2 Bagan Alur Kerangka Berpikir	36
Gambar 3. 1 Bagan Alur Pengembangan.....	38
Gambar 4. 1 Grafik Pengalaman Belajar Siswa.....	56
Gambar 4. 2 Hasil Pengetahuan Awal Terkait Urgensi Energi Terbarukan	57
Gambar 4. 3 Tampilan Halaman Utama <i>LINE Webtoon</i>	63
Gambar 4. 4 Tampilan Halaman Episode	63
Gambar 4. 5 Desain Karakter Komik Digital.....	66
Gambar 4. 6 <i>Storyboard</i> Awal Pembuatan Komik Digital	67
Gambar 4. 7 Proses Pembuatan Panel.....	68
Gambar 4. 8 Proses <i>Editing</i>	68
Gambar 4. 9 Proses Mengunggah Komik Digital	69
Gambar 4. 10 Persamaan Matematika Sebelum Direvisi.....	76
Gambar 4. 11 Persamaan Matematika Setelah Direvisi.....	76
Gambar 4. 12 Ilustrasi Turbin Angin Sebelum Direvisi	79
Gambar 4. 13 Ilustrasi Turbin Angin Setelah Direvisi	79
Gambar 4. 14 Tampilan Produk Komik Digital.....	82
Gambar 4. 15 Contoh Integrasi <i>Science</i> Pada Episode 1	83
Gambar 4. 16 Contoh Integrasi <i>Technology</i> Pada Episode 3.....	84
Gambar 4. 17 Contoh Integrasi <i>Engineering</i> Pada Episode 3.....	85
Gambar 4. 18 Contoh Integrasi <i>Art</i> Pada Episode 5	85
Gambar 4. 19 Contoh Integrasi <i>Mathematics</i> Pada Episode 5.....	86
Gambar 4. 20 Grafik Hasil Penilaian Ahli Materi	88
Gambar 4. 21 Grafik Hasil Penilaian Ahli Media.....	91
Gambar 4. 22 Grafik Hasil Uji Respon Siswa	94

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Hasil Wawancara Guru Fisika.....	107
Lampiran 1. 2 Hasil Analisis Pengalaman Belajar Siswa.....	109
Lampiran 1. 3 Hasil Analisis Konten.....	110
Lampiran 2. 1 Kisi-Kisi Instrumen Penelitian	120
Lampiran 2. 2 Lembar Validasi Instrumen Penilaian Kualitas Produk	124
Lampiran 2. 3 Lembar Validasi Instrumen Respon	127
Lampiran 2. 4 Lembar Validasi Instrumen Penilaian Kualitas Produk	130
Lampiran 2. 5 Lembar Validasi Instrumen Respon	133
Lampiran 2. 6 Lembar Validasi Ahli Materi 1.....	136
Lampiran 2. 7 Lembar Validasi Ahli Materi 2.....	140
Lampiran 2. 8 Lembar Validasi Ahli Media 1	144
Lampiran 2. 9 Lembar Validasi Ahli Media 2	148
Lampiran 2. 10 Lembar Penilaian Kualitas Materi 1	153
Lampiran 2. 11 Lembar Penilaian Kualitas Materi 2.....	156
Lampiran 2. 12 Lembar Penilaian Kualitas Media 1	159
Lampiran 2. 13 Lembar Penilaian Kualitas Media 2	162
Lampiran 2. 14 Lembar Penilaian Ahli Media 3.....	166
Lampiran 2. 17 Lembar Respon Siswa	169
Lampiran 3. 1 Hasil Pengolahan Data Penilaian Kualitas Materi.....	172
Lampiran 3. 2 Hasil Pengolahan Data Penilaian Kualitas Media	173
Lampiran 3. 4 Hasil Pengolahan Data Respon Siswa.....	174
Lampiran 3. 5 Gambaran Produk Komik Digital.....	177
Lampiran 4. 1 <i>Curriculum Vitae</i>	179

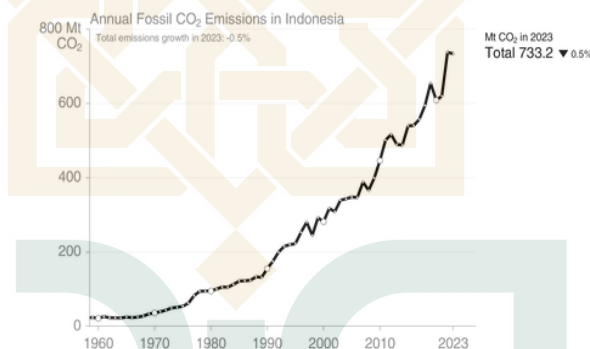
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan energi di Indonesia masih bergantung pada sumber energi fosil yaitu batubara dan minyak bumi. Eksploitasi sumber energi fosil yang massif mengakibatkan gas rumah kaca semakin bertambah. Oleh karenanya dampak buruk terhadap lingkungan tidak bisa dihindarkan seperti pencemaran udara dan pemanasan global (Setiawan dkk., 2022).



Gambar 1. 1 Grafik emisi karbon dari penggunaan bahan bakar fosil
(Sumber : Global Carbon Budget, 2023)

Gambar 1.1 menunjukkan laporan tim ilmuwan *Global Carbon Project* terkait emisi karbon yang dihasilkan dari energi fosil meningkat setiap tahunnya. Emisi karbon dari penggunaan energi fosil pada tahun 2023 mencapai 733,2 juta ton. Hal ini disebabkan semakin banyak lahan hutan yang dihilangkan, sehingga CO₂ yang seharusnya diserap oleh pohon dilepaskan kembali ke atmosfer sebagai gas rumah kaca.

Energi terbarukan menjadi alternatif untuk beralih ke sumber energi ramah lingkungan. Sehingga dapat mengatasi krisis energi di masa depan dan ancaman kerusakan lingkungan yang mungkin terjadi. Energi

terbarukan mendapatkan perhatian khusus dalam pembangunan negara hal tersebut diatur dalam UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi yang kemudian diperjelas pada Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 bahwa Kebijakan Energi Nasional (KEN) disusun berdasarkan prinsip keadilan, keberlanjutan dan berwawasan lingkungan guna mendukung terciptanya kemandirian energi dan ketahanan energi nasional. Tahun 2023, penggunaan energi terbarukan hanya sebesar 13,09% yang mana jauh dari target.

Berdasarkan temuan Manahampi (2024) dengan memanfaatkan energi terbarukan salah satunya energi air dari aliran sungai dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat di daerah terpencil. Fakta ini menunjukkan bahwa energi terbarukan terbukti bermanfaat dan penting untuk diaplikasikan. Namun tentunya sebelum memanfaatkan energi terbarukan perlu memiliki pengetahuan, baik untuk digunakan sendiri ataupun untuk mengawal kebijakan pemerintah dalam transisi energi.

Hasil survei pengetahuan energi terbarukan pada masyarakat umum oleh *Communication for Change (C4C)* pada tahun 2021 terhadap 1.002 responden berusia 15–39 tahun di 12 kota besar Indonesia, menunjukkan bahwa hanya 23% responden yang pernah mendengar istilah “energi terbarukan” dan sebagian besar belum memahami konsep dasar serta urgensinya. Hasil yang hampir sama juga ditemukan dalam survei (Katadata Indonesia, 2022) survei ini ditunjukkan dengan data 50.3% responden salah dalam mengira energi utama yang digunakan di Indonesia adalah Pembangkit Listrik tenaga Air (PLTA). Sedangkan sampai saat ini

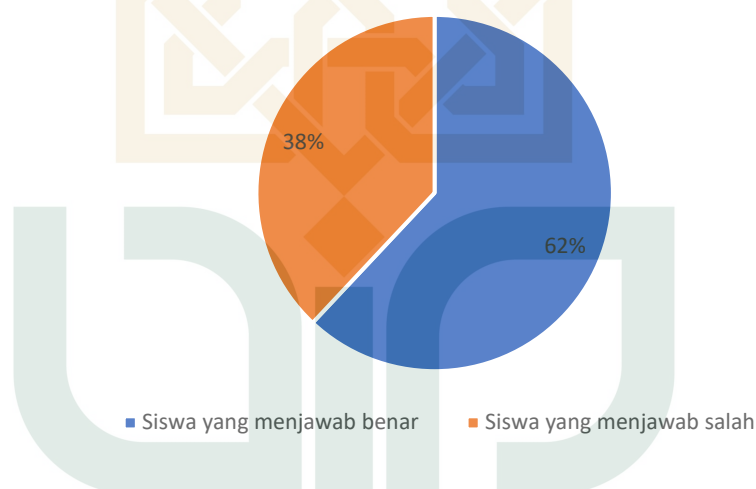
Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang merupakan sumber listrik utama di Indonesia.

Penelitian Tjiwidjaja & Salima (2023) tentang dampak buruk energi fosil, menjelaskan bahwa kesadaran terhadap dampak negatif energi fosil dapat menambah kepedulian terhadap energi bersih dan kesadaran lingkungan. Melalui edukasi mengenai energi terbarukan dari sekolah, siswa dapat memahami manfaat energi terbarukan. Sehingga memotivasi untuk menggunakan teknologi energi terbarukan dan praktiknya dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini sejalan dengan penelitian Zulnazri dkk. (2023) yang menyatakan bahwa dengan sosialisasi dapat merubah sudut pandang siswa terhadap penggunaan energi fosil saat ini, selain itu siswa lebih antusias untuk mempelajarinya.

Edukasi mengenai energi terbarukan sudah dikenalkan dalam dunia pendidikan, karena pendidikan berperan penting untuk kepedulian lingkungan membuat siswa untuk berpikir kritis serta berorientasi pada masa depan (Rohim dkk., 2023). Sesuai dengan kurikulum merdeka yang mana pada capaian pembelajaran siswa diharapkan responsif terhadap isu masalah global dan ikut aktif dalam memberikan penyelesaian masalah berkaitan dengan energi alternatif, pemanasan global, pencemaran lingkungan dalam kehidupan sehari-hari.

Hasil angket pengalaman belajar kepada 20 siswa tingkat SMA menunjukkan pembelajaran di sekolah masih cenderung tekstual dan teoritis dengan persentase (67%). Indikator penggunaan platform digital untuk

pembelajaran sebesar (63%) dalam kategori sedang. Sedangkan indikator pengalaman belajar energi terbarukan ditunjukkan bahwa sebesar (85%) sudah pernah mempelajari energi terbarukan dan indikator kesulitan materi energi terbarukan sebesar (55%) dalam kategori sedang. Ditunjukkan pada Gambar 1. 2 dari dua soal pretest yang diberikan sebesar 38% siswa masih salah dalam menjawab soal yang diberikan. Hal tersebut menunjukkan meskipun siswa sudah mempelajari materi energi terbarukan, siswa masih menunjukkan kesalahpahaman dalam memahami urgensi energi terbarukan.



Gambar 1. 2 Hasil Pretest Pengetahuan Awal Siswa

Wawancara dilakukan kepada guru fisika tingkat SMA/MA untuk mengetahui permasalahan dan potensi pengembangan sumber belajar pendukung pada materi energi terbarukan. Hasil wawancara menunjukkan guru sering menggunakan sumber belajar pendukung seperti PPT, video animasi dan gambar namun penggunaannya hanya sebagai media pembelajaran searah dan siswa kurang leluasa mengaksesnya. Penggunaan PPT ataupun video sebagai media terbatas dan hanya digunakan oleh guru. Kekurangan lainnya sebagai media masih didominasi dengan tulisan. PPT

sering digunakan dalam berbagai mata pelajaran maupun tugas presentasi. Siswa cenderung mudah bosan jika menggunakan metode pembelajaran yang sama terus menerus (Susanti dkk., 2024).

Menurut guru penggunaan media visual membuat siswa lebih antusias dan lebih menarik karena bisa memantik siswa dalam berpikir kreatif. Siswa tertarik dengan media bergambar yang unik seperti penggunaan karakter dan cerita dalam penyampaian materi. Alur cerita dan visualisasi dalam komik membuat siswa tertarik, siswa merasa santai dan tidak terlalu terbebani dengan materi pembelajaran (Solihah dkk., 2022). Penggunaan media atau sumber belajar pendukung yang bervariasi membantu siswa dalam belajar, namun guru memiliki keterbatasan waktu untuk membuat berbagai media atau sumber belajar pendukung. Pada materi energi terbarukan guru juga mengintegrasikan materi agar relevan dengan perkembangan teknologi dalam kehidupan sehari-hari, namun tidak penggunaan pendekatan yang mengintegrasikan teknologi seperti STEAM masih belum optimal. Guru juga menyatakan setuju dengan adanya pengembangan sumber belajar pendukung yang berkaitan dengan materi di sekolah. Dengan demikian sumber belajar yang digunakan lebih variatif dan menarik sehingga dapat membantu hasil belajar lebih maksimal.

Ilmu fisika identik dengan ilmu yang sulit bagi siswa. Padahal dalam berbagai aktivitas tak lepas dari ilmu fisika. Salah satunya materi energi terbarukan. Kebanyakan di dalam bahan ajar dan buku referensi materinya masih tekstual berupa teori dan hafalan sehingga sulit dipahami, tidak

menarik dan membosankan (Ewar dkk., 2023). Materi energi terbarukan termasuk dalam materi fisika kurikulum merdeka pada fase E. Namun secara lebih mendalam memuat ilmu teknologi, teknik, dan matematika. Sebagai upaya untuk menanamkan pemahaman tentang energi terbarukan secara mendalam dan kontekstual, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya menekankan berbagai aspek keilmuan lainnya, seperti pendekatan STEAM.

Pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*) memberikan peluang bagi siswa untuk memahami isu energi secara mendalam, berpikir kritis, dan solutif, sejalan dengan tuntutan kurikulum merdeka. Hal tersebut sesuai dengan Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional Pasal 36 ayat (3) bahwa Kurikulum disusun sesuai dengan jenjang pendidikan dalam kerangka Negara Kesatuan Republik Indonesia dengan memperhatikan salah satunya perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni serta dinamika perkembangan global. Dengan demikian pendekatan STEAM menjadi salah satu metode untuk memfasilitasi tuntutan kurikulum.

Penelitian Xu dkk., (2025) bahwa desain proyek STEAM memiliki dampak yang cukup baik terhadap pemikiran tingkat tinggi siswa, serta dampak yang lebih besar terhadap kemampuan memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penelitian Humairah Amir & Yuliana Purwanti (2021) melalui modul elektronik STEAM, siswa dapat memahami relevansi antara materi dalam keseharian dan memfasilitasi pembelajaran

pada materi energi terbarukan dengan lebih menarik karena adanya unsur *art* dalam STEAM. Selain modul banyak sumber belajar yang bisa digunakan dalam menerapkan STEAM. Berdasarkan penelitian tersebut pendekatan STEAM memiliki peran untuk menanamkan pemahaman secara kontekstual dalam berbagai pendekatan keilmuan lainnya, hal tersebut membuat siswa dapat mengetahui relevansi materi dan integrasi STEAM yang dipelajari.

Penggunaan internet dan teknologi digital memudahkan untuk menyebarluaskan informasi. Teknologi digital dalam pembelajaran di sekolah juga semakin diperhatikan. Baik guru maupun siswa mempunyai *smartphone* dan selalu menggunakan internet setiap hari termasuk untuk mengerjakan tugas dan mencari materi belajar yang tidak ada dalam buku (Husnah, 2022). Salah satu platform yang bisa dijadikan sumber belajar pendukung dan sumber informasi dengan ilustrasi dan gambar visual akan lebih menarik adalah komik digital. Sesuai dengan pernyataan guru terkait penggunaan media visual yang menarik dapat membuat siswa lebih antusias.

Komik tidak hanya menampilkan gambar yang diberi tulisan saja, karena dalam komik menggabungkan alur cerita, bahasa yang sederhana dan komunikatif serta ilustrasi yang mendukung penyampaian pesan komik. Komik dalam bentuk digital memiliki kelebihan mudah secara aksesibilitas karena dapat diakses dari *smartphone* dengan akses internet tanpa batasan

waktu dan tempat. Selain itu terdapat platform komik digital familiar bagi siswa yaitu platform *LINE Webtoon*.

LINE Webtoon merupakan salah satu platform komik digital yang terkenal di Indonesia. Hasil angket pada indikator mengetahui platform *LINE Webtoon* menunjukkan (77%) setuju mengetahui platform tersebut. Dalam penelitian Medina dkk., (2016) rata-rata motif penggunaan *LINE Webtoon* sebesar 65,85% untuk memperoleh informasi. Terdapat berbagai macam judul komik dalam *LINE Webtoon*. Namun sangat disayangkan masih sedikit komik yang bermuatan edukasi dalam platform ini. Padahal *LINE Webtoon* cukup diminati di Indonesia dengan jumlah pengguna 6 juta pembaca aktif. Kelebihan *LINE Webtoon* jika digunakan sebagai sumber belajar dan edukasi adalah kemudahan aksesnya, pembaca dapat mendapatkan akses komik gratis sehingga memiliki nilai efektivitas dan nilai guna cukup baik serta dapat dijangkau pembaca lebih luas terutama usia 14 tahun ke atas (Setiani dkk., 2021).

Dengan melakukan analisis konten komik digital bertema energi terbarukan diperoleh temuan bahwa masih sedikit komik dengan muatan STEAM di dalamnya. Pemanfaatan teknologi yaitu komik digital pada platform *LINE Webtoon* untuk sumber belajar dan edukasi materi energi terbarukan yang sekaligus mengintegrasikan dengan STEAM, menjadi salah satu upaya untuk pengembangan sumber belajar pendukung terhadap isu lingkungan dan energi saat ini. Berdasarkan penjelasan pada latar belakang tersebut, untuk itu peneliti bermaksud melakukan penelitian

dengan judul **“Pengembangan Komik Digital Energi Terbarukan Terintegrasi STEAM (Science, Technology, Engineering, Art And Mathematics) pada Platform *LINE Webtoon*”**. Dengan demikian dapat menghasilkan produk yang bermanfaat sesuai dengan tujuan penelitian.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diidentifikasi menjadi:

1. Pembelajaran masih dominan tekstual dan monoton sehingga kurang menarik dan membosankan bagi siswa.
2. Keterbatasan media yang secara visual menarik menyebabkan rendahnya interaktivitas siswa dalam memahami materi.
3. Keterbatasan waktu guru membuat beragam media dan sumber belajar pendukung.
4. Guru sudah mengenalkan relevansi materi dengan teknologi dalam kehidupan sehari-hari, namun belum secara eksplisit menggunakan pendekatan tertentu untuk mengintegrasikan materi dengan disiplin ilmu lainnya.
5. Siswa sudah mengenal platform digital *LINE Webtoon*, namun pemanfaatan platform digital yang familiar oleh siswa untuk pembelajaran masih terbatas.
6. Siswa antusias dengan penggunaan media visual seperti komik namun komik pembelajaran yang tersedia terbatas.
7. Belum ada komik digital yang secara eksplisit mengintegrasikan dengan pendekatan STEAM.

8. Siswa sudah pernah menerima materi energi terbarukan, namun masih salah memahami urgensi energi terbarukan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas masalah kemudian dibatasi pada masih terbatasnya sumber belajar pendukung yang bervariasi dengan visual menarik pada platform digital yang familiar bagi siswa, sehingga akan dikembangkan sumber belajar pendukung komik digital pada materi energi terbarukan pada platform *LINE Webtoon*.

D. Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil pengembangan komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM di platform *LINE Webtoon*?
2. Bagaimana kualitas komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM di platform *LINE Webtoon* yang dikembangkan?
3. Bagaimana respon siswa terhadap komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM di platform *LINE Webtoon*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM di platform *LINE Webtoon*.
2. Mengetahui kualitas komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM di platform *LINE Webtoon*.

3. Mengetahui respon siswa terhadap komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM di platform *LINE Webtoon*.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Spesifikasi produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penyajian materi dalam produk berupa gambar ilustrasi disertai dialog dan narasi yang mendukung penyampaian materi energi terbarukan.
2. Komik digital hanya bisa diakses di platform *LINE Webtoon* dengan tautan atau mencari di kolom pencarian sesuai judul komik digital “KOMIK SINERGI: Sinar Energi”.
3. Materi energi terbarukan yang dimuat dalam 6 episode yaitu, Prolog, Episode 1 Efek Rumah Kaca, Episode 2 Energi, Episode 3 Sumber Energi Terbarukan dan Tak Terbarukan, Episode 4 Energi Matahari dan Episode 5 Daya dan Efisiensi.
4. Integrasi materi energi terbarukan dengan STEAM berupa informasi yang secara implisit dijelaskan dalam dialog dan secara eksplisit dijelaskan dalam kolom informasi yang ada pada setiap episode komik digital (integrasi sains (*science*) meliputi teori dan hukum yang menjelaskan fenomena alam; teknologi (*technology*) meliputi temuan yang bermanfaat bagi aktivitas manusia; teknik (*engineering*) meliputi cara kerja prosedural terkait penggunaan alat atau sistem; seni (*art*) meliputi karya seni yang mendukung penyampaian materi dan matematika (*mathematics*) meliputi data, perhitungan, hubungan bilangan, pola dan simbol).

5. Integrasi *engineering* dan *art* salah satunya dalam bentuk tutorial membuat proyek miniatur PLTS dan PLTB pada episode 5.
6. Informasi STEAM ditunjukkan secara eksplisit dengan masing-masing warna mewakili informasi STEAM yang dimaksud (hijau untuk sains, kuning untuk teknologi, jingga untuk teknik, coklat untuk seni dan biru untuk matematika).
7. Aspek *Science* menampilkan konsep efek rumah kaca dan energi surya, *Technology* memuat aplikasi ISPU Net dan PLTS, *Engineering* menjelaskan cara kerja PLTU dan PLTB sederhana, *Art* diwujudkan melalui ilustrasi komik yang menarik dan karya sebagai proyek, sedangkan *Mathematics* mencakup data emisi, konversi energi, dan efisiensi daya.

G. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pengembangan ini diantaranya:

1. Bagi Siswa
 - a. Membantu menambah Pengetahuan terkait materi energi terbarukan.
 - b. Digunakan sebagai sumber belajar.
 - c. Menambah wawasan terhadap disiplin ilmu lain dari STEAM.
2. Bagi Guru

Dapat dijadikan referensi sumber belajar untuk materi energi terbarukan.
3. Bagi Masyarakat Umum

Membantu menambah Pengetahuan dan wawasan tentang energi terbarukan.
4. Bagi Peneliti

Memberikan pengalaman dalam membuat komik digital edukasi dengan bimbingan dan arahan sehingga dihasilkan komik yang baik.

H. Keterbatasan Pengembangan

1. Komik digital hanya bisa diakses di platform *LINE Webtoon* dengan koneksi internet.
2. Komik digital hanya menyajikan materi tanpa ada evaluasi atau soal terkait.
3. Integrasi STEAM pada materi hanya dibatasi pada integrasi berupa informasi sains, teknologi, teknik, seni dan matematika yang berkaitan dengan materi energi terbarukan.
4. Pengembangan hanya dilakukan sampai tahap *develop* dengan uji respon terbatas untuk mengetahui respon siswa terhadap komik digital.

I. Definisi Istilah

Istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komik digital adalah merupakan komik yang dipublikasikan secara online melalui halaman web atau aplikasi dengan media digital seperti smartphone atau komputer.
2. Energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik.
3. *LINE Webtoon* adalah platform untuk membaca dan mempublikasi komik digital yang dapat diakses dengan smartphone atau komputer.

4. STEAM singkatan dari *science, technology, engineering, art and math* adalah pendekatan pembelajaran yang menggabungkan beberapa disiplin ilmu seperti sains, teknologi, rekayasa, seni dan matematika.
5. *Science* (Sains) adalah ilmu pengetahuan tentang gejala alam dalam konsep, teori dan prinsip yang telah ditemukan untuk menjelaskan fenomena tertentu.
6. *Technology* (Teknologi) adalah penemuan berdasarkan ilmu pengetahuan dalam bentuk alat atau sistem yang mempermudah serta memberi manfaat dalam aktivitas manusia.
7. *Engineering* (Rekayasa) adalah cara kerja atau metode sistematis, berupa atau prosedur pada sistem, alat atau melaksanakan kegiatan tertentu.
8. *Art* (Seni) adalah bentuk karya seni dengan tujuan memberikan kesenangan.
9. *Mathematics* (Matematika) adalah hubungan bilangan, pola dan simbol dalam teori ilmu pengetahuan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Komik digital energi terbarukan terintegrasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) dikembangkan dengan model pengembangan 4D dari Thiagarajan, namun hanya sampai tahap *develop* yaitu dengan validasi, penilaian dan uji respon terbatas. Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengembangan berupa digital energi terbarukan terintegrasi STEAM yang berjudul “KOMIK SINERGI: Sinar Energi” yang terdiri dari 6 Episode pada platform *LINE Webtoon* dilakukan sesuai dengan tahap *define, design* dan *develop*.
2. Hasil penilaian kualitas komik digital dari ahli materi memperoleh skor rata-rata (3,67) dengan kategori **Sangat Baik (SB)**. Sedangkan penilaian ahli media memperoleh rata-rata skor (3,69) dengan kategori **Sangat Baik (SB)**. Dengan demikian secara kualitas, komik digital memenuhi kualitas yang sangat baik sebagai sumber belajar pendukung.
3. Hasil uji respon terbatas komik digital kepada siswa secara keseluruhan aspek memperoleh skor rata-rata respon (0,88) dengan kategori respon **Setuju**. Dengan demikian respon siswa setuju menunjukkan bahwa komik digital praktis digunakan sebagai sumber belajar pendukung.

B. Saran

1. Pemanfaatan Komik Digital

Komik digital yang telah dikembangkan dapat digunakan sebagai bahan pendukung pembelajaran atau media diskusi di kelas dan sumber belajar mandiri bagi siswa. Siswa dalam menggunakan secara mandiri sebagai sumber belajar mandiri untuk memperoleh informasi dan pemahaman terkait materi energi terbarukan dan STEAM, karena bisa diakses dengan mudah tanpa batasan waktu. Jika digunakan dalam pembelajaran di kelas guru disarankan untuk memfasilitasi materi terkait pendekatan STEAM, agar siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dalam mengaplikasikan konsep-konsep yang disajikan dalam komik digital.

2. Pengembangan Komik Digital

Pengembangan akan lebih baik mencakup uji coba lapangan untuk mengetahui seberapa efektivitas komik digital dalam meningkatkan pemahaman siswa. Selain itu, saran dan perbaikan pada komik digital ini bisa dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan produk serupa terutama dalam aspek materi dan media.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahariah, E. (2023). Komik Digital dalam *Media Pembelajaran Digital* (Hlm. 209–215). Media Sains Indonesia.
- Budiarto, R. (2011). *Kebijakan Energi Terbarukan Menuju Sistem Energi Yang Berkelanjutan*. Samudra Biru.
- Case Indonesia. (2023). *Mulai Dari Sini: Memahami Transisi Energi Di Indonesia*.
- Dewi, N. K. K., Sukmana, A. I. W. I. Y., & Simamora, A. H. (2024). Inovasi Media Pembelajaran: Video Pembelajaran Berbasis Animasi Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Media Dan Teknologi Pendidikan*, 4(2), 149–157. <https://doi.org/10.23887/Jmt.V4i2.64378>
- Eka, O. :, Mahendra, R., & Siantoro, G. (2021). Pengembangan Komik Pendidikan Sebagai Media Pembelajaran Dan Pengaruhnya Terhadap Motivasi Belajar Siswa. *Jurnal Education And Development Institut Pendidikan Tapanuli Selatan*, 9(1), 270–284. <https://media.neliti.com/media/publications/562033-pengembangan-komik-pendidikan-sebagai-me-f63c5432.pdf>
- Ewar, A. H., Nasar, A., & Ika, Y. E. (2023). *Pengembangan Alat Peraga Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Pltp) Sebagai Media Pembelajaran Fisika Pada Materi Sumber Energi Terbarukan* (Vol. 7, Nomor 1).
- Febriansari, D., Sarwanto, S., & Yamtinah, S. (2022). Konstruksi Model Pembelajaran Steam (Science, Technology, Engineering, Arts, And Mathematics) Dengan Pendekatan Design Thinking Pada Materi Energi Terbarukan. *Jinop (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 8(2). <https://doi.org/10.22219/Jinop.V8i2.22456>
- Firdaus, A. T. B., Rizal, Moh. A., & Rahman, T. (2025). Pemanfaatan Teknologi Dalam Pendidikan : Meningkatkan Interaktivitas Pembelajaran. *Pragmatik : Jurnal Rumpun Ilmu Bahasa Dan Pendidikan*, 3(1), 256–265. <https://doi.org/10.61132/Pragmatik.V3i1.1347>
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika: Prinsip Dan Aplikasi* (7 Ed., Hlm. 172–200). Penerbit Erlangga.
- Haderiah, Hasan, K., & Alamsyah, H. (2022). Penerapan Pendekatan Steam Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Ipa. *Pinisi Journal Pgsd*, 2, 165–172.
- Hidayattulloh, V. K., & Sukoyo, J. (2021). Komik Serat Tripama: Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Komik Digital Webtoon. *Piwulang : Jurnal*

- Pendidikan Bahasa Jawa*, 9(2), 220–228.
<https://doi.org/10.15294/piwulang.v9i2.49828>
- Hobri, Adeliyanti, S., Fatekurrahman, M., Wijaya, H. T., Oktavianingtyas, E., Putri, I. W. S., & Ridlo, Z. R. (2021). E-Comic Mathematics Based On Steam-Cc And Its Effect On Students Creative Thinking Ability. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1839(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1839/1/012036>
- Humairah Amir, R., & Yuliana Purwanti, R. (2021). Efektivitas Model Pembelajaran Steam (Science, Technology, Engineering, Art, And Mathematics) Pada Siswa Kelas Iv Sd. Dalam *Jkpd) Jurnal Kajian Pendidikan Dasar* (Vol. 6).
- Husna, N., Putra, M. J. A., & Alim, J. A. (2022). Pengembangan Materi Pembelajaran Komik Digital Komik Celestial Objek Untuk Memfasilitasi Minat Baca Siswa Kelas Vi Sd. *Primary: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 11(5), 1618. <https://doi.org/10.33578/jpkip.v11i5.8618>
- Husnah, F. (2022). Analisis Penggunaan Internet Dalam Pembelajaran Sains Dikelas Xii Sma Negeri 1 Tualang Riau. *Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam Dan Sains*, 4(1), 349-352.
- Irawan, B., Oprasmani, E., & Fernando, A. (2022). Pelatihan Penerapan Pendekatan Steam Dalam Pembelajaran Biologi Bagi Mgmp Biologi Kota Tanjungpinang. *Jurnal Anugerah*, 3(2), 69–75.
<https://doi.org/10.31629/anugerah.v3i2.3881>
- Iziah, A, W. O. R., Jahidin, J., & Munir, A. (2022). Pengembangan Sumber Belajar Berbentuk Ensiklopedia Untuk Mendukung Materi Spermatophyta Mata Pelajaran Biologi Sma Kelas X. *Ampibi: Jurnal Alumni Pendidikan Biologi*, 7(1), 8. <https://doi.org/10.36709/ampibi.v7i1.24069>
- Izzania, R. D. S. M., Agusdianita, N., & Yusnia. (2024). Penggunaan Pendekatan Steam Dalam Meningkatkan Kemampuan Literasi Sainssiswa Sekolah Dasar. *In Social, Humanities, And Educational Studies (Shes): Conference Series*, 7. <https://doi.org/https://jurnal.uns.ac.id/shes/article/view/99912/49191>
- Jang, W., & Song, J. E. (2017). Webtoon As A New Korean Wave In The Process Of Glocalization. Dalam *Kritika Kultura* (Vol. 29). <http://journals.ateneo.edu/ojs/kk/>
- Kartika, I., Aroyandini, E. N., Maulana, S., & Fatimah, S. (2022). Analisis Prinsip Konstruktivisme Dalam Pembelajaran Fisika Berbasis Science, Technology, Engineering, Art, And Mathematics (Steam). *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi Dan Aplikasi*, 10(1), 23–33.
<https://doi.org/10.21831/jppfa.v10i1.46381>

- Katadata Indonesia. (2022). *Persepsi Masyarakat Terhadap Energi Terbarukan Survei Terhadap 4821 Responden*. Wwww.Katadata.Co.Id
- Kim, C. (2020). *Why? Comic And Animation* (Dina, Ed.). Gramedia. https://www.google.co.id/books/edition/Why_Comic_And_Animation_Komik_Dan_Animas/1vcteaqaqbj?hl=id&gbpv=1&dq=jenis+jenis+komik&printsec=frontcover
- Kurnianingsih, H. (2023). Pemanfaatan Media Komik Sains Dalam Meningkatkan Minat Belajar Biologi Siswa Smk. *Prosiding Dewantara Seminar Nasional Pendidikan*, 1(2). <https://seminar.ustjogja.ac.id/index.php/D-Semnasdik/article/download/803/428>
- Kustandi, C., & Darmawan, D. (2020). Pengembangan Komik Pembelajaran. Dalam *Pengembangan Media Pembelajaran Konsep & Aplikasi Pengembangan Media Pembelajaran Bagi Pendidik Di Sekolah Dan Masyarakat* (Hlm. 142–155). Prenada Media.
- Manahampi, R. J. I. (2024). *Proses Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Desa Mandiri Energi Berbasis Pltmh Di Desa Karangtengah, Kecamatan Cilongok, Kabupaten Banyumas*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Mccloud, S. (1993). *Understanding Comics: The Invisible Art*. Harpercolins Publisher.
- Medina, Z., Christin, M., & Malau, R. M. U. (2016). Motif Pengguna Aplikasi Line Webtoon (Studi Deskriptif Kuantitatif Pada Pengikut Akun Official Line Webtoon Id). *E-Proceeding Of Management*, 3.
- Mu'minah, I. H., & Suryaningsih, Y. (2020). Implementasi Steam (Science, Technology, Engineering, Arts And Mathematics) Dalam Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Bio Educatio*, 5, 65–73.
- Nuragnia, B., Nadiroh, & Usman, H. (2021). Pembelajaran Steam Di Sekolah Dasar : Implementasi Dan Tantangan. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 6(2), 187–197. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v6i2.2388>
- Nurhakim, S. S., Latip, A., & Purnamasari, S. (2024). Peran Media Pembelajaran Komik Edukasi Dalam Pembelajaran Ipa: A Narrative Literature Review. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 14(2), 417–429. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i2.1551>
- Özdemir, E. (2017). Humor In Elementary Science: Development And Evaluation Of Comic Strips About Sound. Dalam *International Electronic Journal Of Elementary Education* (Vol. 9, Nomor 4). Wwww.Iejee.Com
- Pandanwangi, N. A., Kristin, F., & Anugraheni, I. (2019). Jurnal Cakrawala Pendas Pengembangan Media Komik Untuk Meningkatkan Kompetensi Berbahasa

- Pada Siswa Kelas 3 Sd. *Firosalia Kristin, Indri Anugraheni Jurnal Cakrawala Pendas*, 5(2), 124.
- Purwanto, A., Widodo, W., Ipa, J., Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., & Surabaya, U. N. (2022a). *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*. 10(2), 208–213. <https://Ejournal.Unesa.Ac.Id/Index.Php/Pensa>
- Purwanto, A., Widodo, W., Ipa, J., Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., & Surabaya, U. N. (2022b). *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*. 10(2), 208–213. <https://Ejournal.Unesa.Ac.Id/Index.Php/Pensa>
- Qur'ani, F. N., Susanti, E., Lailiyah, M., & Fendiyanto, F. (2024). Level Van Hiele Pada Perkembangan Kognitif Operasional Konkret Dan Formal. *Suska Journal Of Mathematics Education*, 10(2), 147. <https://doi.org/10.24014/Sjme.V10i2.27579>
- Rahmadana, A., & Agnesa, O. S. (2022). Deskripsi Implementasi Steam (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematic) Dan Integrasi Aspek “Art” Steam Pada Pembelajaran Biologi Sma. *Journal On Teacher Education*, 4, 190–201.
- Rilianti, A. P., Handayani, M., & Nugroho, W. (2023). Pendekatan Science, Technology, Engineering, Art, & Math (Steam) Untuk Mengembangkan Keterampilan Abad 21 Siswa Sekolahdasar. *Primer: Journal Of Primary Education Research*, 1(2), 78–85. <https://doi.org/https://E-Journal.Unu-Jogja.Ac.Id/Pgsd/Index.Php/Primer/Article/View/13/10>
- Rochmad. (2012). Desain Model Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika. *Diterbitkan Oleh Jurusan Matematika Fmipa Unnes*, 3(1), 59–72.
- Rohim, A. M., Retnoningsih, A., Marianti, A., & Hardianto, F. (2023). Analisis Kesadaran Peserta Didik Terhadap Krisis Energi Dan Tantangan Pembelajarannya Pada Abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Unnes*, 38–49. <http://pps.unnes.ac.id/Pps2/Prodi/Prosiding-Pascasarjana-Unnes>
- Ropiudin, Rusman, Rachmanita, E. R., Budaraga, I. K., Rahmanto, D. E., Aprianto, M. C., Pramudibyo, S., & Dion, E. P. (2023). *Teknologi Energi Terbarukan*. Cv Hei Publishing Indonesia. www.heipublishing.id
- Samsinar. (2019). Urgensi Learning Resources (Sumber Belajar) Dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran. *Didaktika : Jurnal Kependidikan*, 13(2).
- Santika, G. N., Suastra, W., Bagus, I., & Arnyana, P. (2022). Membentuk Karakter Peduli Lingkungan Pada Siswa Sekolah Dasar Melalui Pembelajaran Ipa.

- Jurnal Education And Development Institut Pendidikan Tapanuli Selatan*, 10(1), 207–212. <https://Journal.Ipts.Ac.Id/Index.Php/Ed/Article/View/3382>
- Saputri, D., Melissa, Hidayati, N., & Fauziah, N. (2023). Lembar Validasi: Instrumen Yang Digunakan Untuk Menilai Produk Yang Dikembangkan Pada Penelitian Pengembangan Bidang Pendidikan. Dalam *Biology And Education Journal* (Vol. 3, Nomor 2). <https://doi.org/https://journal.uir.ac.id/index.php/baej/article/>
- Sartika, D. (2019). Pentingnya Pendidikan Berbasis Stem Dalam Kurikulum 2013. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 3.
- Setiani, D., Dewi, P. F. A., Delya, S. M., Rahmawati, V., & Dasmo, D. (2021a). Pengembangan Media Pembelajaran Komik Fisika Digital Berbasis Line Webtoon Pada Pokok Bahasan Tekanan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 212. <https://doi.org/10.24127/jpf.v9i2.4008>
- Setiani, D., Dewi, P. F. A., Delya, S. M., Rahmawati, V., & Dasmo, D. (2021b). Pengembangan Media Pembelajaran Komik Fisika Digital Berbasis Line Webtoon Pada Pokok Bahasan Tekanan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 212. <https://doi.org/10.24127/jpf.v9i2.4008>
- Setiawan, M. R., Amanda, R. A., Rahayu, A., & Kunci, K. (2022). Smart Garden Energy Sebagai Sarana Edukasi Dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Mendukung Perekonomian Nasional. *Himie Economics Research And Olympiad (Hero)*, 1, 31–39. <https://prosiding.ums.ac.id/hero/index.php/hero/article/view/6>
- Soedarso, N. (2015). *Komik: Karya Sastra Bergambar* (Vol. 6, Nomor 4).
- Solihah, S. A. S., Suherman, S., & Fadlullah, F. (2022). Pengembangan Media Komik Digital Bermuatan Pendidikan Karakter Materi Membangun Persatuan Dan Kesatuan Pada Mata Pelajaran Ppkn Di Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4), 5186–5195. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.3156>
- Susanti, S., Aminah, F., Mumtazah Assa'idah, I., Aulia, M. W., & Angelika, T. (2024). *Pedagogik Jurnal Pendidikan Dan Riset Dampak Negatif Metode Pengajaran Monoton Terhadap Motivasi Belajar Siswa*. 2(2), 86–93.
- Tjiwidjaja, H., & Salima, R. (2023). Dampak Energi Fosil Terhadap Perubahan Iklim Dan Solusi Berbasis Energi Hijau. 2(2), 166–172. <https://doi.org/10.58169/jwikal.v2i2.625>
- Wahidin. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Visual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Ilmiah Edukatif*, 11(01), 285–295.

<https://Journal.laisambas.Ac.Id/Index.Php/Edukatif/Article/Download/3720/2698/>

Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012)*. Pustaka Pelajar.

Wijayanti, A. (2022). Analisis Implementasi Pendekatan Steam Pada Pembelajaran Ipa Di Sd. Dalam *Inovasi Pembelajaran Ipa Bermuatan Kecakapan Abad 21 Di Masa Pandemi Covid-19*. Nasya Expanding Management. https://www.google.co.id/books/edition/Inovasi_Pembelajaran_Ipa_Bermuatan_Kecak/W7pveaaaqbaj?hl=id&gbpv=1&dq=pendekatan+steam&pg=pa41&printsec=frontcover

Winarni, J., Zubaidah, S., & Koes H, S. (2016). Stem Apa Mengapa Bagaimana. *Pros. Semnas Pend. Ipa Pascasarjana Um, 1*, 976–984.

Xu, T., Ge, X., Gao, Q., & Lu, J. (2025). The Impact Of Steam Project Design On Higher-Order Thinking: A Meta-Analysis. *Research In Science & Technological Education*, 1–25. <https://doi.org/10.1080/02635143.2025.2533194>

Yakman, G. (2010). *What Is The Point Of Steam?-A Brief Overview*. <https://www.researchgate.net/publication/327449281>

Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring The Exemplary Steam Education In The U.S. As A Practical Educational Framework For Korea. *Journal Of The Korean Association For Science Education*, 32(6), 1072–1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>

Zulnazri, Fikri, A., Muarif, A., & Retnowulan, S. R. (2023). Kampanye Energi Terbarukan Dan Nilai Inklusi Untuk Meningkatkan Pengetahuan Siswa Pada Sman 3 Timang Gajah. *Kreativasi (Journal Of Community Empowerment)*, 2(3), 273–282. <https://ejournal.unib.ac.id/kreativasi/index>

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA