

**PENGEMBANGAN *VIRTUAL LABORATORY* BERBASIS *WEB* PADA
MATERI WUJUD ZAT DAN PERUBAHANNYA UNTUK KELAS IV
SD/MI**



SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Kependidikan
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Strata Satu Pendidikan**

Disusun oleh:

Fauziah Surya Nianingsih

NIM. 19104080034

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN GURU MADRASAH IBTIDAIYAH

FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fauziah Surya Nianingsih

NIM : 19104080034

Program Studi : Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah (PGMI)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam skripsi saya ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan skripsi saya ini adalah asli hasil karya/ penelitian sendiri dan bukan plagiasi dari karya / penelitian orang lain.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya agar dapat diketahui oleh dewan penguji.

Yogyakarta, 17 Juli 2026

Yang menyatakan



Fauziah Surya Nianingsih

NIM. 19104080034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN BERJILBAB

SURAT PERNYATAAN BERJILBAB

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fauziah Surya Nianingsih
NIM : 19104080034
Program Studi : Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah (PGMI)
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam syarat munaqosah saya menggunakan foto berjilbab dalam ijazah, sehingga jika dikemudian hari terdapat sesuatu hal, saya tidak akan menyalahkan pihak Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 Juli 2026

Yang menyatakan



Fauziah Surya Nianingsih

NIM. 19104080034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

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

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, menelaah, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing skripsi berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Fauziah Surya Nianingsih

NIM : 19104080034

Program Studi : Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah (PGMI)

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

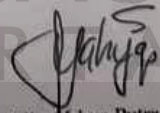
Judul Skripsi : Pengembangan Virtual Laboratory Berbasis Web Pada Materi Wujud Zat Dan Perubahannya Untuk Kelas IV SD/MI

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

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut diatas dapat segera diujikan/dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 20 Juli 2026
Yang menyatakan



Andhika Wahyu Putra, M.Or
NIP. 19911119 201903 1 011

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



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-2372/Un.02/DT/PP.00.9/07/2026

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORIUM BERBASIS WEB PADA MATERI
WUJUD ZAT DAN PERUBAHANNYA UNTUK KELAS IV SD/MI

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FAUZIAH SURYA NIANINGSIH
Nomor Induk Mahasiswa : 19104080034
Telah diujikan pada : Kamis, 23 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketma Sidang
Andhika Yahya Putra, M.Or.
SIGNED

Valid ID: 6a6abede7d7db



Penguji I
Dr. LULUK MAULUAH, M.Si., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a61c3704e4d2



Penguji II
Izzatin Kamala, S.Pd., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a69ad8b03048



Yogyakarta, 23 Juli 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a6abbe34181b

MOTTO

(Kemudian, apabila engkau telah membulatkan tekad, maka bertawakallah kepada Allah. Sungguh Allah mencintai orang yang bertawakal. QS. Ali Imran;159)

مَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا، سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ

(Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga. HR. Tirmidzi no. 2646).¹



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

¹ Shahih oleh Darussalam, “Kitab Ilmu Dari Rasulullah SAW Bab Apa Yang Dikatakan Tentang Keutamaan Mencari Ilmu (Jami’ At-Tirmidzi No. 2646),” Hadist.id, n.d., <https://www.hadits.id/hadits/tirmidzi/2646>.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk

Prodi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



ABSTRAK

Fauziah Surya Nianingsih, “Pengembangan *Virtual Laboratory* Berbasis *Web* pada Materi Wujud Zat dan Perubahannya untuk Kelas IV SD/MI”. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga, 2026.

Pembelajaran IPA khususnya materi wujud zat dan perubahannya memerlukan kegiatan praktikum untuk memperkuat pemahaman konsep murid. Namun, keterbatasan alat dan bahan di sekolah sering kali membuat kegiatan praktikum tidak dapat berjalan secara optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengetahui kelayakan media pembelajaran berupa *Virtual Laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI.

Penelitian ini disusun secara sistematis menggunakan metode penelitian *Research and Development* (R&D) dengan model 4D oleh Thiagarajan yang meliputi tahap *define*, *design*, *development*, dan *desseminate*. Namun dalam penelitian ini, tahap pengembangan terbatas hanya sampai tahap *development*. Subjek uji coba dalam penelitian ini adalah murid kelas IV MI Al-Mu’awanah Kalijeruk yang berjumlah 21 murid. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *sampling jenuh*, dimana seluruh anggota populasi digunakan sebagai sampel. Pengembangan produk ini menggunakan platform *canva*, *gemini ai*, dan *github* yang menghasilkan situs web pembelajaran. Instrumen penelitian berupa angket validasi ahli materi, ahli media, angket respon *peer reviewer*, dan angket respon pengguna terhadap produk. Teknik analisis data pada tahap validasi menggunakan rumus PAP (Penilaian Acuan Patokan) dan perhitungan persentase sederhana.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media *VLab* berbasis web yang dikembangkan dinyatakan sangat baik. Penilaian dari ahli materi memperoleh total skor 114 dari skor ideal 130 dengan kategori “sangat baik”, ahli media memperoleh total skor 112 dari skor ideal 120 dengan kategori “sangat baik”, dan penilaian dari *peer reviewer* mendapatkan total skor 152 dari skor ideal 160 dengan kategori “sangat baik”. Sementara itu, hasil uji keterimaan dan respon murid memperoleh persentase sebesar 96,13% yang termasuk dalam kategori “sangat baik”. Dengan demikian, media *VLab* ini dinyatakan sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran alternatif pada materi wujud zat dan perubahannya untuk murid kelas IV SD/MI.

Kata Kunci: Situs Web, Virtual Laboratory, IPA, Canva, Gemini AI, Github, Sekolah Dasar, Madrasah Ibtidaiyah.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ، حَمْدًا نَاعِمِينَ شَاكِرِينَ، مُعْتَرِفِينَ بِفَضْلِهِ وَإِحْسَانِهِ
وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى سَيِّدِنَا وَمَوْلَانَا مُحَمَّدٍ وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ
أَمَّا بَعْدُ

Puji Syukur peneliti panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan pertolongan-Nya sehingga peneliti mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia menuju jalan kebahagiaan dunia dan akhirat.

Penyusunan skripsi ini merupakan kajian singkat mengenai Pengembangan Media Virtual Laboratorium, yang disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dari Prodi PGMI UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terwujud tanpa adanya bantuan, arahan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Sigit Purnama, S, Pd.I., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta beserta staf-stafnya, yang telah membantu peneliti dalam menjalani studi program Strata Satu Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah.
2. Dr. Luluk Mauluah, M.Si., selaku Ketua Prodi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang senantiasa menunjukkan ketulusan ketika memberikan saran dan nasehat yang sangat berarti selama peneliti menempuh studi.
3. Andhika Yahya Putra, M.Or, selaku pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dengan sabar, memberikan arahan dengan sangat jelas, serta menyampaikan masukan yang membangun sepanjang proses penelitian.
4. Dr. Sigit Prasetyo, S.Pd.I., M.Pd.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan rekomendasi judul penelitian ini.
5. Anita Ekantini, M.Pd. selaku validator ahli materi, Dr. M. Saidul Muzakki, M.Pd. selaku validator ahli media berbasis IT, dan Fitri Yuliawati M.Pd.Si. selaku validator instrumen yang telah meluangkan waktu untuk menilai dan memberikan masukan terhadap produk penelitian.
6. Kepala MI Al-Mu'awanah, yang telah memberikan peneliti izin untuk melakukan penelitian di sekolah.

7. Ahmad, S.Ag, selaku wali kelas dan murid kelas IV MI Al-Mu'awanah yang telah membantu memberikan arahan, masukan, dan penilaian produk penelitian.
8. Keluarga peneliti yang senantiasa memberikan dukungan, do'a, serta tempat pulang yang hangat dan penuh kasih, menyediakan ruang aman untuk peneliti berbagi cerita dan bahagia selama melakukan penelitian.
9. Kamila, Sofia, Umu, Idey, Fani, Eva, Neni, Novita, Annisatul, Lia, Amel dan Faizah, terimakasih telah berkenan kebersamaian, dan sabar memberikan dukungan serta menjadi tempat berbagi cerita, semangat, dan kekuatan terhadap peneliti.
10. Peneliti juga ingin menyampaikan terimakasih kepada diri sendiri, Fauziah Surya Nianingsih, yang telah memilih untuk terus melangkah meski tidak secepat yang lain.
11. Serta semua pihak yang turut berjasa dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak memungkinkan untuk peneliti sebutkan satu-persatu, terimakasih banyak.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat peneliti nantikan demi perbaikan karya-karya lain di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk pendidikan di Indonesia. Semoga Allah SWT. Meridhoi-Nya, aamiin.

Yogyakarta, 17 Juli 2026

Peneliti



Fauziah Surya Nianingsih

NIM. 19104080034

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERNYATAAN BERJILBAB.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iv
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Dan Kegunaan	8
1. Tujuan Penelitian.....	8
2. Kegunaan Penelitian.....	8
D. Spesifikasi Produk Yang Dikembangkan	9
E. Asumsi Dan Batasan Pengembangan.....	11
1. Asumsi Pengembangan Produk.....	11
2. Batasan Pengembangan Produk	11
F. Definisi Istilah	12
BAB II KAJIAN PUSTAKA	15
A. Landasan Teori	15
1. Media Pembelajaran Berbasis Web.....	15
2. Canva	28
3. Gemini AI.....	30
4. Github.....	32
5. Kegiatan Praktikum.....	35
6. Virtual Laboratory	38
7. Media Virtual Laboratory Berbasis Web	42
8. Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar	43
B. Kajian Teori yang Relevan	54
C. Kerangka Berpikir	58
BAB III METODE PENELITIAN	60

A. Model Pengembangan	60
B. Prosedur Penelitian.....	61
C. Uji Coba Produk.....	67
1. Desain Uji Coba	67
2. Subjek Uji Coba	68
3. Jenis Data	69
4. Instrumen Pengumpulan Data	70
5. Teknik Analisis Data	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	78
BAB V PENUTUP	124
DAFTAR PUSTAKA.....	127
LAMPIRAN-LAMPIRAN	136



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Perbedaan Laboratorium Nyata Dengan Virtual Laboratory	43
Tabel III.1 CP dan TP IPA Muatan Wujud Zat dan Perubahannya	64
Tabel III.2 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Materi IPA	71
Tabel III.3 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Media Berbasis Teknologi	72
Tabel III.4 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Peer Reviewer	72
Tabel III.5 Kisi-Kisi Instrumen Uji Coba Calon Pengguna	73
Tabel III.6 Pedoman Klasifikasi Penilaian	75
Tabel III.7 Kategori Hasil Persentase	77
Tabel IV.1 Tujuan Pembelajaran Materi IPA	85
Tabel IV.2 Sumber Desain Material Produk	88
Tabel IV.3 Rancangan Materi dan Simulasi	90
Tabel IV.4 Indikator Angket Validasi Media oleh Ahli Materi	95
Tabel IV.5 Indikator Angket Validasi Media oleh Ahli Media	95
Tabel IV.6 Indikator Angket Penilaian Media oleh Peer Reviewer	96
Tabel IV.7 Indikator Angket Penilaian Media oleh Pengguna	97
Tabel IV.8 Masukan dan Saran dari Validator Instrumen	103
Tabel IV.9 Catatan dari Ahli Materi	103
Tabel IV.10 Masukan dari Ahli Media	104
Tabel IV.11 Catatan dari Peer Reviewer	105
Tabel IV.12 Skor Penilaian Ahli Materi	108
Tabel IV.13 Skor Penilaian Ahli Media Berbasis IT	110
Tabel IV.14 Hasil Penilaian Peer Reviewer	114
Tabel IV.15 Penilaian Respon Pengguna	115
Tabel IV.16 Rekapitulasi Validitas Situs Web VLab	120
Tabel IV.17 Rekapitulasi Respon Murid	121

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Macam-macam Wujud Benda	50
Gambar II.2 Karakteristik Wujud Zat	50
Gambar II.3 Perubahan Wujud Zat Mencair	52
Gambar II.4 Perubahan Wujud Zat Membeku	52
Gambar II.5 Perubahan Wujud Zat Menguap	53
Gambar II.6 Perubahan Wujud Zat Mengembun	53
Gambar II.7 Perubahan Wujud Zat Menyublim	54
Gambar II.8 Perubahan Wujud Zat Mengkristal	54
Gambar II.9 Alur Kerangka Berpikir	59
Gambar III.1 Alur Penelitian R&D Model 4D	60
Gambar IV.1 Bagan Concept Analysis	84
Gambar IV.2 Flowchart Produk	92
Gambar IV.3 Hasil Desain Storyboard	94
Gambar IV.4 Tampilan Canva	98
Gambar IV.5 Desain E-book di Canva	98
Gambar IV.6 Tampilan Website Gemini AI	99
Gambar IV.7 Hasil Kode Coding di Gemini AI	99
Gambar IV.8 Tampilan Website Github	100
Gambar IV.9 Tampilan Create Repository Github	100
Gambar IV.10 Tampilan Creating A New File	100
Gambar IV.11 Tampilan Hasil Salin Kode di Github	101
Gambar IV.12 Commit Changes di Github	101
Gambar IV.13 Perubahan None menjadi Main di Github	101
Gambar IV.14 Tampilan Hasil Link Situs Website	102
Gambar IV.15 QR Code VLab	118

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Kisi-Kisi Instrumen Validasi	136
Lampiran II. Data Hasil Validasi Produk oleh Ahli Materi.....	151
Lampiran III. Data Hasil Validasi Produk oleh Ahli Media Berbasis IT	156
Lampiran IV. Data Hasil Respon Praktisi	160
Lampiran V. Sampel Data Hasil Respon Murid	165
Lampiran VI. Analisis Data Hasil Validasi Produk.....	174
Lampiran VII. Analisis Data Hasil Respon Murid.....	177
Lampiran VIII. Surat Keterangan Validasi Instrumen	178
Lampiran IX. Bukti Seminar Proposal (Berita Acara).....	179
Lampiran X. Pengesahan Seminar Proposal	180
Lampiran XI. Permohonan Izin Penelitian.....	181
Lampiran XII. Kartu Bimbingan Skripsi	182
Lampiran XIII. Sertifikat PBAK.....	184
Lampiran XIV. Sertifikat User Education.....	184
Lampiran XV. Sertifikat PLP-KKN	185
Lampiran XVI. Sertifikat TOEC	186
Lampiran XVII. Sertifikat IKLA	187
Lampiran XVIII. Sertifikat ICT	188
Lampiran XIX. Dokumentasi Pengambilan Data	189
Lampiran XX. Pengembangan Produk	191
Lampiran XXI. Daftar Riwayat Hidup.....	197

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) di sekolah dasar memiliki urgensi dalam membentuk cara berpikir ilmiah sejak dini. Melalui IPAS murid diajak untuk mengamati, menyelidiki, dan memahami berbagai fenomena alam dan sosial yang terjadi di sekitar mereka.² Kurikulum di Indonesia yakni kurikulum merdeka merancang IPAS sebagai mata pelajaran terpadu yang tidak hanya mengenalkan pengetahuan tetapi juga melatih keterampilan proses sains dan sikap ilmiah.³ Dengan pembelajaran IPAS yang baik, murid dapat mengembangkan rasa ingin tahu, berpikir kritis, dan peduli terhadap lingkungan.⁴ Untuk itu, IPAS menjadi pondasi penting dalam pendidikan dasar karena membentuk pola pikir ilmiah dan sikap peduli sejak dini.

Sejalan dengan urgensi pembelajaran IPAS di sekolah dasar, materi-materi yang diajarkan idealnya tidak hanya dipahami secara teoritis, tetapi juga melalui pengalaman langsung yang bermakna.⁵ Dalam konteks pembelajaran IPA kegiatan praktikum memiliki peranan penting karena memungkinkan murid mengamati fenomena secara konkret dan mengembangkan keterampilan proses sains sejak dini.⁶ Praktikum membantu murid memahami konsep yang bersifat teoritis dengan cara lebih nyata dan menarik, seperti mengamati perubahan wujud benda, mengukur suhu, mengukur massa, dan menyimpulkan hasil pengamatan. Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran IPA di sekolah dasar memerlukan pendekatan yang tidak hanya menyampaikan konsep verbal tetapi juga melibatkan pengalaman langsung melalui kegiatan praktikum.

² Amirah Nuai dan Silvi Nurkamiden, "Urgensi Kegiatan Praktikum dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di Sekolah Menengah Pertama," *Science Education Research (Search) Journal*, 2022, hlm. 49.

³ Tim Penyusun, "Kurikulum Merdeka," Kemendikbud, n.d., dalam laman <https://kurikulum.kemdikbud.go.id/> diakses pada 14 September 2025.

⁴ Wildan Fatoni, Sevie Safitri Rosalina, dan Dinar Maftukh Fajar, "Urgensi Pembelajaran IPA dengan Pendekatan Sains, Teknologi, dan Masyarakat dalam Menghadapi Problematika Kehidupan Masyarakat," *Mimbar Pgsd Undiksha*, No. 2, No. 1, 2014, hlm. 112.

⁵ Diana Rossa Martatiana dan Faisal Madani, "Penerapan Asesmen Autentik dalam Praktikum IPA di Sekolah Dasar," *Jurnal Elementaria Edukasia*, Vol. 6, No. 4, 2023, DOI: <https://doi.org/10.31949/jee.v6i4.7291>, hlm. 1742.

⁶ Ahmad Budi Sutrisno dan Nuramaliyah Ramadhany, "Urgensi Pengembangan Modul Praktikum Digital pada Pembelajaran IPA Terpadu di Sekolah Dasar," *Jurnal Literasi Digital*, Vol. 4, No. 3, 2024, DOI: <https://doi.org/10.54065/jld.4.3.2024.490>, hlm. 179.

Praktikum berperan penting dalam mengembangkan pemahaman yang mendalam, rasa ingin tahu, dan keterampilan proses sains pada murid.⁷ Selain itu, kegiatan praktikum juga memberikan pengalaman nyata kepada murid untuk memahami konsep-konsep ilmiah, mempraktikkan sikap ilmiah, mengembangkan keterampilan, dan sikap sosial secara langsung.⁸ Melalui kegiatan praktikum, murid dapat memperdalam pemahaman terhadap materi pembelajaran yang menjelaskan tentang berbagai macam fenomena yang ada disekitarnya.⁹ Oleh karena itu, kegiatan praktikum perlu dikenalkan kepada murid sedini mungkin, sebagai pondasi untuk mengembangkan berbagai macam keterampilan tersebut.

Berdasarkan fakta dilapangan, meskipun kegiatan praktikum telah banyak dilakukan, pelaksanaannya di sekolah dasar masih menghadapi berbagai kendala yang tercermin dalam hasil penelitian-penelitian terdahulu. Misalnya penelitian yang dilakukan oleh Fauziyah dan rekan-rekannya, menunjukkan bahwa media pembelajaran yang digunakan guru masih konvensional, sehingga murid sering kehilangan motivasi dan minat belajar.¹⁰ Penelitian serupa dilakukan oleh Dwiyanti dan rekan-rekannya, dari penelitian tersebut ditemukannya fakta bahwa pelaksanaan kegiatan praktikum menyita banyak waktu sehingga diperlukannya media yang dapat memfasilitasi kegiatan praktikum di luar jam pelajaran.¹¹ Sementara itu, Pratama menegaskan bahwa kegiatan praktikum belum terlaksana sesuai dengan tujuan pembelajaran dikarenakan kurangnya penggunaan media yang bersifat interaktif.¹²

Penelitian-penelitian tersebut sejalan dengan fakta yang ditemukan di lima sekolah dasar di Kali Jeruk, di mana proses pelaksanaan kegiatan praktikum masih mengalami berbagai kendala, baik dari aspek sarana prasarana, waktu, media, maupun pendekatan yang digunakan. Hasil wawancara terhadap murid kelas IV menunjukkan bahwa sebagian besar murid

⁷ Sutrisno dan Ramadhany, Urgensi Pengembangan Modul Praktikum Digital pada Pembelajaran IPA Terpadu di Sekolah Dasar, hlm. 179.

⁸ Martatiana dan Faisal Madani, "Penerapan Asesmen Autentik dalam Praktikum IPA di Sekolah Dasar", hlm. 1742.

⁹ Sutrisno dan Ramadhany, "Urgensi Pengembangan Modul Praktikum Digital pada Pembelajaran IPA Terpadu di Sekolah Dasar", hlm. 179.

¹⁰ Zakiatul Fauziyah, dkk, "Pemanfaatan Inovasi Digital PHET Sebagai Media Belajar Interaktif Siswa pada Pembelajaran IPA di SD/MI," 2025, hlm. 90.

¹¹ Aris Naeni Dwiyanti, Mawan Akhir Riwanto, dan Wahyu Nuning Budiarti, "Pengembangan Laboratorium Virtual Berbasis Pendidikan Karakter Untuk Siswa Sekolah Dasar", Vol. 2, No. 1, 2019, DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/shes.v2i1.36169>, hlm. 23.

¹² RD. Muhammad Deza Pratama, "Pengembangan Laboratorium Virtual Menggunakan Adobe Animate Pada Materi Perpindahan Kalor Di Kelas V Sekolah Dasar" *Skripsi*, Jambi: Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar Jurusan Pendidikan Anak Usia Dini dan Dasar Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi, 2024, hlm. 4.

masih kesulitan dalam membedakan proses perubahan wujud benda khususnya pada perubahan wujud benda menyublim dan mengkristal. Selain itu, guru kesulitan dalam menyampaikan materi tentang proses perubahan wujud benda mengkristal dan menyublim secara konkret. Meskipun guru sudah difasilitasi dengan *proyektor*, *speaker*, dan laboratorium komputer, namun media tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sebagai media pembelajaran khususnya untuk kegiatan praktikum.¹³

Dari hasil wawancara terhadap guru, diketahui bahwa materi di kurikulum merdeka relatif lebih luas dibandingkan dengan kurikulum 2013. Hal ini menyebabkan guru menjadi kesulitan dalam menyampaikan materi secara menyeluruh dan mendalam karena keterbatasan waktu. Sehingga, proses pembelajaran cenderung hanya menekankan pada pencapaian target materi secara kuantitas, bukan berdasarkan pemahaman murid. Hasil belajar murid turut memperkuat temuan tersebut. Dimana masih banyak murid yang memiliki hasil belajar yang belum mencapai target pembelajaran yang telah ditetapkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa murid belum sepenuhnya memahami materi dan konsep yang dipelajari.¹⁴

Selain itu, guru menyatakan bahwa kegiatan praktikum jarang dilakukan. Hal tersebut dikarenakan guru mengalami kesulitan dalam menyediakan media yang berkaitan dengan praktikum. Sarana dan prasarana untuk menunjang pelaksanaan kegiatan praktikum juga kurang memadai. Hal ini, menyebabkan murid hanya menerima pembelajaran secara teoritis tanpa banyak pengalaman, sehingga keterampilan berpikir kritis, rasa ingin tahu, dan pemahaman konsep ilmiah tidak berkembang secara maksimal.¹⁵

Hal tersebut didukung oleh beberapa temuan dari observasi yang telah dilakukan peneliti, diantaranya yaitu kegiatan praktikum hanya dilakukan oleh guru sedangkan murid hanya mengamati. Sehingga, murid kurang mendapatkan pengalaman langsung untuk dapat memahami materi yang dipelajari. Selain itu, media yang digunakan guru hanya bersumber dari buku paket yang disampaikan menggunakan metode konvensional. Sehingga murid merasa kegiatan pembelajaran kurang menarik, monoton dan tidak memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Salah satu temuan menarik dari hasil observasi tersebut yakni ketika menggunakan media digital dengan menggunakan *proyektor* murid cukup senang dan antusias untuk mengikuti kegiatan pembelajaran.¹⁶ Hal ini menunjukkan bahwa perangkat digital

¹³ Wawancara Dengan Wali Kelas IV SD Negeri dan MI di Kali Jeruk pada tanggal 11, 12 dan 17 September 2025.

¹⁴ “Wawancara Dengan Wali Kelas IV SD Negeri dan MI di Kali Jeruk, pada tanggal 11, 12 dan 17 September 2025.

¹⁵ *Ibid.*

¹⁶ *Ibid.*

memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran untuk menarik minat belajar murid yang sesuai dengan preferensi belajar murid.

Sayangnya, temuan di lapangan menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang menggunakan media digital belum diaplikasikan secara optimal dalam proses pembelajaran di kelas. Hal ini diperkuat dari hasil wawancara pada lima guru kelas IV di daerah Kaliyeruk yang menyampaikan bahwa media digital belum banyak digunakan dalam proses pembelajaran di kelas khususnya pada pembelajaran praktikum. Guru-guru juga menyadari bahwa penggunaan media digital dapat meningkatkan antusiasme murid dalam proses pembelajaran. Namun, guru-guru menyebutkan bahwa keterbatasan waktu dan tingginya beban administrasi menjadi kendala untuk mengembangkan media yang menarik bagi murid. Para guru juga mengungkapkan harapan agar adanya dukungan berupa media pembelajaran yang sudah siap digunakan, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan serta karakteristik murid, agar kegiatan praktikum dapat memberikan pengalaman langsung dan lebih bermakna.

Berdasarkan temuan tersebut, terlihat adanya kebutuhan akan media pembelajaran untuk menjembatani kegiatan praktikum di tingkat sekolah dasar. Kegiatan praktikum termuat dalam mata pelajaran IPAS khususnya pada muatan IPA, yang mana IPA merupakan ilmu pengetahuan yang dikembangkan melalui serangkaian kegiatan ilmiah.¹⁷ Melalui kegiatan ilmiah murid diajak untuk memecahkan permasalahan ilmiah dengan cara khusus yakni dengan melakukan proses ilmiah. Proses ilmiah adalah serangkaian kegiatan yang meliputi penyelidikan, penalaran dan generalisasi.¹⁸ Dengan demikian, melalui pembelajaran IPA diharapkan murid tidak hanya mampu meningkatkan aspek kognitif saja, namun juga mampu mengembangkan keterampilan proses sains dan sikap ilmiah.

Untuk mendukung hal tersebut, penting untuk merujuk pada capaian pembelajaran (CP) IPA Fase B dalam kurikulum merdeka. Pada fase ini, materi berfokus pada fenomena dan konsep-konsep IPA yang berkaitan dengan lingkungan sekitar yang diajarkan melalui tantangan yang dihadapi murid dalam kehidupan sehari-hari.¹⁹ CP tersebut, mengarahkan murid agar dapat mengusulkan ide/gagasan, melakukan investigasi/penyelidikan/percobaan,

¹⁷ Rora Rizki Wdanini, dkk, "Menerapkan Proses Keterampilan dalam Pembelajaran IPA Di MI/SD", Vol. 4, No. 3, 2022, hlm. 2022.

¹⁸ *Ibid.*

¹⁹ Republik Indonesia Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset Dan Teknologi, "Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, Dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Dasar Dan Menengah Nomor 046/H/KR/2025 Tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, Dan Jenjang Pendidikan Menengah" (2025), hlm. 150.

mengomunikasikan, dan menyimpulkan hasil percobaan terkait dengan berbagai macam fenomena dan konsep – konsep IPA yang terjadi di lingkungan sekitar.²⁰ Tujuan Pembelajaran (TP) yang diturunkan dari CP ini diantaranya yaitu kemampuan untuk dapat mengidentifikasi jenis-jenis wujud zat, menjelaskan proses perubahan wujud zat, dan mengaitkan proses perubahan wujud zat dalam kehidupan sehari-hari.²¹

Pemanfaatan teknologi digital dapat digunakan sebagai sarana penunjang untuk menyediakan media pembelajaran yang dapat menjawab berbagai tantangan dalam pembelajaran praktikum. Salah satu contoh media yang memanfaatkan teknologi digital yakni media berbasis *web*, yang mana media berbasis *web* dapat memadukan beberapa media pendukung seperti teks, gambar, suara, animasi, dan lain-lain.²² Media berbasis *web* ini dapat dibagikan kepada publik dan diakses dengan menggunakan perangkat *software* yang disebut dengan *browser*.²³ Keunggulan dari hal tersebut yaitu data dan situs web tersimpan di cloud sehingga tidak memerlukan ruang penyimpanan yang besar dan dapat diakses menggunakan berbagai perangkat yang terhubung dengan internet.²⁴

Media berbasis *web* juga dapat memberikan beberapa keunggulan yakni kecepatan akses dan tidak terbatas pada ruang dan waktu untuk mengakses informasi selama terhubung dengan jaringan internet.²⁵ Selain itu, Media berbasis *web* juga dapat mengatasi kurangnya kegiatan praktik atau pembelajaran secara langsung yang seharusnya didapat oleh murid untuk melatih keterampilan sains dasar murid.²⁶ Berdasarkan hal tersebut, penggunaan media berbasis *web* ini dapat menyajikan materi IPA dengan lebih

²⁰ Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset Dan Teknologi, hlm. 150.

²¹ Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset Dan Teknologi, hlm. 150-151.

²² Ayu Rizki Nilam Sari dan Suryanti, "Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Web Materi Siklus Hidup Hewan Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas 4 SD," *Jurnal PGSD*, Vol. 12, No. 10, 2024, hlm. 167.

²³ Sari dan Suryanti, "Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Web Materi Siklus Hidup Hewan Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas 4 SD", hlm. 167.

²⁴ Arum Donna Safira, Iva Sarifah, dan Tunjungsari Sekaringtyas, "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web Articulate Storyline pada Pembelajaran IPA di Kelas V Sekolah Dasar [Development of Articulate Storyline Web-Based Interactive Learning Media on Science Learning in Grade V Elementary School]", *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, Vol. 2, No. 2, 2021, hlm. 239.

²⁵ Sunwinarti dan Djoko Suwito, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis WEB Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dasar-Dasar Mesin Kelas X Di SMK Negeri 3 Buduran Sidoarjo," *Jurnal PGSD UNESA*, Vol. 4, No. 3, 2016, hlm. 22.

²⁶ Uti Inayatun Nihlah, "Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Website Guna Peningkatan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas V MI/SD," *Skripsi*, Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah Konsentrasi Guru Kelas MI Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, 2017, hlm. 5.

interaktif, menarik, dan lebih bermakna. Sehingga, media berbasis *web* memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemampuan sains dasar murid.

Salah satu tahapan penting untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis *web* adalah memilih platform pengembang yang mudah digunakan dan sesuai dengan guru maupun murid.²⁷ Platform yang sesuai dengan kriteria tersebut yaitu *canva*, *gemini AI* dan *Github*. Platform *canva* merupakan sarana desain grafis online yang menyediakan template dan elemen visual yang dapat digunakan secara *freemium* (gratis dan berbayar).²⁸ Sedangkan *gemini AI* merupakan platform berbasis kecerdasan buatan yang dapat membantu guru dalam merancang ide, menyusun alur pembelajaran, dan membuat aktivitas interaktif yang mendukung proses praktikum virtual.²⁹ Kemudian, platform *Github* merupakan layanan *hosting* repositori berbasis *cloud* yang menyediakan antarmuka pengguna (UI) grafis dan fitur kolaborasi sosial untuk pengembang.³⁰

Melalui *canva* pengguna dapat membuat desain grafis dengan berbagai template dan elemen visual yang dilengkapi dengan fitur AI (*Artificial Intelligence*) sehingga dapat digunakan untuk membuat berbagai komponen dalam virtual laboratorium dengan lebih mudah, kreatif, dan efisien.³¹ Sedangkan melalui *gemini ai* pengguna dapat membuat berbagai macam konten berbasis teknologi buatan, mulai dari teks, ide, rancangan materi, dan kode coding yang dapat membantu proses perancangan media pembelajaran agar lebih interaktif.³² Kemudian, melalui *github* pengguna dapat mempublikasikan hasil link media berbasis web dengan keamanan data kode dan ketergantungan pada infrastruktur *hosting* berbayar.³³ Ketiga platform tersebut dilengkapi dengan berbagai fitur yang menarik dan mudah dipahami sehingga dapat dikolaborasikan untuk mengembangkan media interaktif

²⁷ Risma Dina, dkk, "Prinsip dan Kriteria Pemilihan Media Pembelajaran," *Jurnal Generasi Tarbiyah: Jurnal Pendidikan Islam*, Vol. 4, No. 1, 2025, DOI: <https://doi.org/10.59342/jgt.v4i1.344>, hlm. 7.

²⁸ Tim Penyusun, "Tentang Canva," Blog Canva, 2013, diakses pada 22 Desember 2025, melalui laman https://www.canva.com/id_id/about/.

²⁹ Gunarsih, "Pengembangan Bahan Ajar Cerita Fabel Berbasis Pendidikan Karakter Dengan Media Gemini AI Dan Canva Untuk Meningkatkan Kemampuan Menulis Peserta Didik Sekolah Dasar Gugus Ahmad Yani Ulujami Peralang," *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar* 10, no. 02 (2025), hlm. 659–666.

³⁰ Miftah Farooq Santoso, "Analisis Pemanfaatan Platform GitHub Sebagai Alat Kontrol Versi Dan Media Deployment Website," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis* 8, no. 2 (2026): 137–147.

³¹ Penyusun, "Tentang Canva."

³² Gunarsih, "Pengembangan Bahan Ajar Cerita Fabel Berbasis Pendidikan Karakter Dengan Media Gemini AI Dan Canva Untuk Meningkatkan Kemampuan Menulis Peserta Didik Sekolah Dasar Gugus Ahmad Yani Ulujami Peralang." hlm. 659-666.

³³ Santoso, "Analisis Pemanfaatan Platform GitHub Sebagai Alat Kontrol Versi Dan Media Deployment Website." hlm. 138

berbasis web khususnya pada materi wujud zat dan perubahannya dalam mata Pelajaran IPA.

Penggunaan ketiga platform dalam pengembangan media pembelajaran telah dibuktikan melalui beberapa penelitian terdahulu. Penelitian oleh Cuit menyebutkan bahwa media *canva* dapat membantu meningkatkan kualitas pembelajaran dengan mendukung kreativitas guru dan meningkatkan keterlibatan murid.³⁴ Penggunaan platform *gemini ai* membantu pengguna lebih mudah untuk membuat *coding code* tanpa perlu memahami bahasa pemrograman lebih lanjut sehingga mampu mengefisiensikan waktu dan dapat menghasilkan media yang berkualitas serta berpotensi besar untuk membuat sebuah situs web pembelajaran.³⁵ Dan penggunaan platform *github* terbukti efektif sebagai sistem kontrol, sekaligus media *deployment*.³⁶ Berdasarkan hal tersebut, penggunaan kombinasi kedua platform dapat menjadi solusi yang tepat dalam menyediakan media pembelajaran berbasis *web* di lingkungan pendidikan dasar.

Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan situs web berbantu platform *canva*, *gemini ai*, dan *github* sebagai media pembelajaran untuk melakukan kegiatan praktikum berbasis *web* menjadi langkah strategis untuk memfasilitasi media pembelajaran bagi murid. Keunggulan dari media yang dikembangkan yakni media memadukan konsep praktikum dasar ke dalam materi IPA secara langsung hingga tahap analisis, dan berisi pendekatan kontekstual yang menghubungkan materi pembelajaran dengan kondisi nyata yang dialami murid dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, media ini dirancang agar mudah diakses melalui situs *web* yang dapat digunakan diberbagai perangkat selama terhubung dengan internet, serta dilengkapi dengan elemen visual, animasi, suara dan bersifat interaktif yang mendukung pembelajaran mandiri maupun kelompok.

Meskipun urgensi pengembangan media ini sangat tinggi, penelitian terkait dengan media pembelajaran untuk kegiatan praktikum berbasis *web* yang termuat dalam mata pelajaran IPA masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa adanya peluang penelitian yang signifikan, karena belum banyak media pembelajaran berbasis *web* yang memuat kegiatan praktikum pada materi IPA pada materi wujud zat dan perubahannya di sekolah dasar. Oleh karena itu, peneliti mengajukan penelitian pengembangan dengan judul

³⁴ Gemma Rustin Cuit, "Efektivitas Penggunaan Aplikasi Canva Sebagai Media Interaktif Dalam Pembelajaran Di Sekolah Dasar," *SHEs: Conference Series*, Vol. 5, No. 5 (2022), hlm.1494.

³⁵ Hariyadi, dkk., "Implementasi Gemini API Untuk Generatif Teks Deskripsi Karya Otomatis Dalam Aplikasi Pameran Berbasis Web Dengan Metode Waterfall," *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan (J-TIT)*, Vol. 11, No. 1 (2024), hlm. 21–26.

³⁶ Santoso, "Analisis Pemanfaatan Platform GitHub Sebagai Alat Kontrol Versi Dan Media Deployment Website.," hlm. 147

“Pengembangan *Virtual Laboratory* Berbasis *Web* pada Materi Wujud Zat dan Perubahannya untuk Kelas IV SD/MI”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan media *virtual laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI?
2. Bagaimana kelayakan media *virtual laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI sebagai media pembelajaran menurut validator?
3. Bagaimana respons murid terhadap media *virtual laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI sebagai media pembelajaran?

C. Tujuan Dan Kegunaan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dan kegunaan pengembangan penelitian ini sebagai berikut:

1. Tujuan Penelitian

- a. Untuk menjelaskan tahapan pengembangan media *virtual laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI.
- b. Untuk mengetahui kelayakan media *virtual laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI sebagai media pembelajaran menurut validator.
- c. Untuk mengetahui respons murid terhadap *virtual laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI sebagai media pembelajaran.

2. Kegunaan Penelitian

- a. Secara teoritis
 - 1) Hasil penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi mengenai media pembelajaran berbasis *web* sebagai media pembelajaran untuk kegiatan praktikum pada mata pelajaran IPA untuk murid sekolah dasar.
 - 2) Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dan media pembelajaran, serta pertimbangan bagi peneliti-peneliti selanjutnya yang terkait dengan pengembangan media pembelajaran berbasis *web* untuk kegiatan praktikum pada mata pelajaran IPA di sekolah dasar.

b. Secara Praktis

1) Bagi Peneliti

Memberikan pengalaman baru bagi peneliti dalam mengembangkan media pembelajaran berupa *virtual laboratory* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI.

2) Bagi Guru

Produk yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV SD/MI.

3) Bagi Murid

Produk yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sarana belajar sehingga mampu membantu murid untuk memahami materi pembelajaran khususnya wujud zat dan perubahannya bagi murid kelas IV SD/MI.

D. Spesifikasi Produk Yang Dikembangkan

Penelitian ini akan menghasilkan produk berupa situs web pembelajaran yang dirancang untuk membantu murid kelas IV sekolah dasar dalam memahami konsep ilmiah dalam kegiatan praktikum pada mata Pelajaran IPA. Adapun spesifikasi produk yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Nama Produk

Situs web yang dihasilkan akan diberi nama *virtual laboratory* yang disingkat menjadi VLab. Situs web ini dikembangkan sebagai media pembelajaran untuk membantu pemahaman konsep ilmiah dalam kegiatan praktikum pada mata pelajaran IPA di kelas IV sekolah dasar.

2. Bentuk Produk

Produk yang dihasilkan berupa situs *web* yang dapat diakses dengan menggunakan jaringan internet.

3. Perangkat teknologi digital

Situs web dapat dijalankan pada perangkat yang mendukung penjelajahan berbasis *web* contohnya seperti komputer dekstop, laptop, *smartphone*, dan tablet.

4. Desain Tampilan

Desain tampilan antarmuka pengguna (*user interface*) dirancang dengan desain sederhana dan ramah anak dengan menggunakan warna-warna cerah,

ikon visual yang mudah dikenali, serta navigasi yang mudah digunakan oleh murid usia sekolah dasar khususnya murid kelas IV.

5. Sasaran Pengguna

Situs web ini ditunjukkan untuk digunakan oleh:

- a. Murid kelas IV sekolah dasar sebagai pengguna utama, baik secara mandiri maupun dengan pendampingan guru.
- b. Guru kelas sebagai fasilitator pembelajaran dan evaluator penggunaan media.
- c. Orang tua sebagai pendamping anak belajar di rumah.

6. Komponen Produk

Pengembangan ini menghasilkan media pembelajaran berupa situs *web* yang terdiri beberapa komponen, diantaranya sebagai berikut:

1) Fitur *Login*

Menu *login* berisikan nama situs web, tampilan pengguna untuk masuk ke dalam situs *web* dan tombol masuk.

2) *Dashboard*

Dashboard berisikan tampilan awal situs web yang berupa ucapan selamat datang ke situs *web* untuk murid dan guru, progres siswa, dan fitur utama dalam situs web.

3) Menu Petunjuk Penggunaan

Petunjuk penggunaan, menyajikan langkah-langkah pengoperasian situs *web* dan tips belajar.

4) Menu Capaian Pembelajaran

Capaian pembelajaran, menyajikan materi yang akan termuat pada produk yang dihasilkan berupa capaian pembelajaran, komponen capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran konsep.

5) Menu Materi Pembelajaran

Materi pembelajaran, menyajikan ilustrasi model wujud zat, materi pembelajaran berupa *e-book*, dan video pembelajaran tentang materi wujud zat dan perubahannya yang didasarkan pada capaian pembelajaran.

6) Menu Simulasi

Menu simulasi berisikan praktik sederhana dari materi wujud zat dan perubahannya.

7) Menu Kuis dan Game

Menu kuis dan game berisi kuis dan game interaktif yang sesuai dengan materi wujud zat dan perubahannya.

8) Menu Progres Murid

Menu progres murid hanya berada di bagian guru saja, dengan tujuan agar guru dapat melihat progres yang telah dilakukan oleh murid.

- 9) Menu profil pengembang
Menu profil pengembang berisi tentang informasi singkat tentang pengembang situs web, dan tujuan dari pengembangan media serta sumber referensi yang digunakan.

E. Asumsi Dan Batasan Pengembangan

1. Asumsi Pengembangan Produk

Dalam proses pengembangan produk ini, peneliti menargetkan beberapa asumsi dasar sebagai berikut:

- a. Murid sekolah dasar dapat memiliki keterampilan dasar dalam menggunakan situs *web* secara mandiri, terbatas pada fungsi sederhana (membuka situs *web*, menekan link situs *web*, menekan ikon, membaca teks, dan melakukan simulasi sederhana).
- b. Guru berperan sebagai fasilitator, memiliki pemahaman awal tentang kegiatan praktikum khususnya pada materi wujud zat dan perubahannya dan bersedia memfasilitasi pembelajaran dengan media digital.
- c. Orang tua/wali mendukung proses pembelajaran murid di rumah dan mampu mendampingi anak dalam menggunakan media digital.
- d. Pihak sekolah terbuka terhadap inovasi media pembelajaran berbasis teknologi digital.
- e. Materi kegiatan praktikum dalam media yang dikembangkan pada mata pelajaran IPA sesuai dengan capaian pembelajaran IPA fase B dan memungkinkan untuk dikembangkan dalam bentuk media interaktif.
- f. Penggunaan media pembelajaran berbasis *web* mampu menjembatani pemahaman murid terhadap kemampuan ilmiah dasar secara langsung dan bermakna.

2. Batasan Pengembangan Produk

Agar penelitian ini tetap fokus dan terarah, peneliti menetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

- a. Produk yang dihasilkan adalah media pembelajaran berupa *virtual laboratory* berbasis *web* pada materi wujud zat dan perubahannya untuk murid kelas IV SD/MI.
- b. Situs web dikembangkan dengan menggunakan platform *canva*, *gemini AI* dan *github*. Hasil pengembangan berupa situs *web* yang terbatas hanya dapat digunakan di perangkat digital yang terhubung dengan internet.
- c. Penelitian ini menggunakan model pengembangan Thiagarajan 4-D. namun, dalam penelitian ini pengembangan hanya dilakukan sampai

- tahap *development* (pengembangan) tanpa melakukan tahap *disseminate* (penyebaran).
- d. Uji coba produk dilakukan secara terbatas pada satu sekolah dasar mitra di wilayah Cilacap.
 - e. Validasi media dilakukan oleh ahli materi dan ahli media berbasis IT, serta diuji oleh guru dan murid sebagai pengguna utama.
 - f. Evaluasi pembelajaran yang dilakukan dalam pengujian produk hanya mencakup aspek keterpahaman, keterlibatan dan daya tarik media, bukan capaian akademik secara menyeluruh.

F. Definisi Istilah

Untuk menghindari kekeliruan dalam menginterpretasi kata atau kalimat dalam susunan laporan ini, maka berikut istilah-istilah penting yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Penelitian Pengembangan

Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini yakni dengan menganalisis kebutuhan, merancang solusi, mengembangkan produk sesuai dengan hasil analisis dan rancangan solusi, menguji, dan mengevaluasi produk yang dihasilkan dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research dan Development* (R&D), yakni suatu proses penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.³⁷

2. Model Pengembangan 4D

Model pengembangan 4D atau model pengembangan Thiagarajan merupakan model pengembangan yang terdiri dari empat tahapan yakni *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perencanaan), *Develop* (Pengembangan) dan *Desseminate* (Penyebaran). Model ini digunakan untuk mengembangkan media pembelajaran dengan cara menganalisis kebutuhan, merancang solusi, mengembangkan produk dan menyebarkan hasil produk.³⁸

3. Media Pembelajaran

Media pembelajaran merupakan segala sesuatu yang dapat menyampaikan pesan kepada murid sehingga terjadi proses atau interaksi pembelajaran yang berguna untuk mencapai tujuan pembelajaran yang efektif dan efisien. media digunakan dalam proses pembelajaran yang bertujuan sebagai

³⁷ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Bandung: Alfabeta, 2012), hlm. 407.

³⁸ Budi Halomoan Siregar, dkk., *Teori & Praktik Multimedia Pembelajaran Interaktif* (Medan: UMSU Press, 2022), hlm. 55.

penyalur pesan antara pendidik dengan siswa supaya tujuan pembelajaran dapat tercapai.³⁹

4. *Website (e-learning)*

Website dapat disebut juga elektronik learning (*e-learning*) merupakan pendekatan pembelajaran yang memanfaatkan teknologi internet. Melalui pendekatan ini kegiatan pembelajaran lebih fleksibel karena dapat dilakukan dimana dan kapan saja melalui perangkat digital yang terhubung dengan jaringan internet.⁴⁰

5. Canva

Canva merupakan aplikasi design grafis online yang dapat digunakan untuk membuat grafis untuk konten media sosial, presentasi, poster dan lain sebagainya dengan dilengkapi contoh design atau template yang beragam.⁴¹

6. *Gemini AI*

Gemini AI merupakan sistem kecerdasan buatan generatif dan model bahasa besar yang dikembangkan oleh google. Sistem ini dirancang untuk dapat memahami, memproses, dan memadukan berbagai jenis informasi termasuk teks, kode pemrograman, audio, gambar, dan video.⁴²

7. Github

Github merupakan situs web layanan *hosting* repositori berbasis *cloud* yang menyediakan antarmuka pengguna (UI) grafis dan fitur kolaborasi sosial untuk pengembang. Platform ini menjadikan alur kerja untuk pengembangan situs website menjadi lebih statis dan ringkas karena proses penyimpanan versi dan publikasi dapat dilakukan dalam satu platform yang sama.⁴³

8. Vlab

Vlab merupakan singkatan dari virtual laboratory yaitu situs web yang dikembangkan sebagai media alternatif dalam proses pembelajaran IPA untuk kegiatan praktikum materi wujud zat dan perubahannya. Situs web

³⁹ Asrorul Mais, *Media Pembelajaran Anak Berkebutuhan Khusus: Buku Referensi Untuk Guru, Mahasiswa, Dan Umum*, Cet. ke-II (Jember: CV Pustaka Abadi, 2018), hlm 9.

⁴⁰ Ina Meiliyanthi, Fachrum Firdus, dan Purnamawati, "Pentingnya Penerapan Pembelajaran Berbasis Web Pada Wawasan Pendidikan Kejuruan," *EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, Vol. 2, No. 2 (2022), DOI: <https://doi.org/10.51878/edutech.v2i2.1207>, hlm. 151.

⁴¹ Garris Pelangi, "Pemanfaatan Aplikasi Canva Sebagai Media Pembelajaran Bahasa Dan Sastra Indonesia Jenjang SMA/MA," *Jurnal Sasindo Unpam*, Vol. 8, No. 2, (2020), DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.32493/sasindo.v8i2>. hlm 81-82.

⁴² Demis Hassabis, "Memperkenalkan Gemini: Model AI Kami Yang Terbesar Dan Tercanggih," Google blog, 2023, https://blog.google/intl/id-id/company-news/technology/2023_12_memperkenalkan-gemini-model-ai-kami-yang-terbesar-dan-paling-mumpuni/.

⁴³ Miftah Farq Santoso, "Analisis Pemanfaatan Platform GitHub Sebagai Alat Kontrol Versi Dan Media Deployment Website," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis* 8, no. 2 (2026): 137-147.

ini dirancang untuk menyediakan media bagi murid untuk mengenal dan memahami kegiatan praktikum tentang wujud zat dan perubahannya dengan cara yang lebih menyenangkan dan kontekstual.

9. Kegiatan Praktikum

Kegiatan praktikum merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan murid secara langsung untuk melakukan pengamatan atau eksperimen.⁴⁴ Tujuan kegiatan praktikum yakni untuk melatih keterampilan sains dasar murid baik dari melakukan observasi suatu permasalahan hingga melaporkan dan mengomunikasikan hasil praktikum.⁴⁵

10. IPA

IPA atau Ilmu Pengetahuan Alam merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang segala kehidupan yang ada di alam baik yang berupa komponen biotik maupun abiotik. IPA diperoleh dengan cara khusus yakni dengan cara observasi, eksperimen, pengambilan Kesimpulan, pembentukan teori, atau dikenal dengan metode ilmiah. Hasil pengetahuan IPA terbagi menjadi dua yakni IPA sebagai produk yang berupa pengetahuan faktual, konseptual, procedural, dan metakognitif, serta IPA sebagai proses yang berupa kerja ilmiah.⁴⁶



⁴⁴ Wayan Sri Darmayanti, Wisnu Budi Wijaya, dan N.P.A. H, “Kepraktisan Pdanuan Praktikum IPA Sederhana Sekolah Dasar (SD) Berorientasikan Lingkungan Sekitar”, hlm 311.

⁴⁵ Rdana Cdanra dan Dian Hidayati, “Penerapan Praktikum dalam Meningkatkan Keterampilan Proses dan Kerja Peserta Didik di Laboratorium IPA”, *EDUGAMA: Jurnal Kependidikan dan Sosial Keagamaan*, Vol. 6, No. 1. Juli 2020, DOI: <https://doi.org/10.32923/edugama.v6i1.1289>, hlm 28.

⁴⁶ Muhamad Rahmat, *Pendidikan IPA Di SD* (Klaten: PT. Nas Media Indonesia, 2024), hlm 1.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan media VLab – Wujud Zat dan Perubahannya pada mata pelajaran IPA kelas IV sekolah dasar, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pengembangan media dilakukan melalui model *Research dan Development* (R&D) menggunakan model 4D oleh Thiagarajan, yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan media, pengembangan media menggunakan platform canva, gemini ai, dan github, validasi ahli, revisi, dan uji coba kepada murid. Proses ini menghasilkan produk berupa situs web yang memuat materi IPA, video pembelajaran, simulasi virtual, kuis, dan game edukatif.
2. Produk diuji oleh validator yang terdiri dari dua ahli, yakni ahli materi dan ahli media, serta satu *peer reviewer*.
 - a. Ahli materi merupakan dosen yang memiliki bidang keahlian IPA dan latar belakang pendidikan dasar. Hasil penilaian setelah dikonversikan menggunakan rumus PAP memperoleh total skor 114 dari skor ideal 130, yang termasuk dalam kategori “Sangat Baik”. Ahli materi menyatakan bahwa konten materi dalam media VLab telah akurat dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran.
 - b. Ahli media berbasis IT merupakan dosen yang memiliki keahlian di bidang kurikulum dan teknologi pembelajaran. Ahli media memberikan penilaian dengan total skor 112 dari skor ideal 120, dengan kategori “Sangat Baik”. Hal ini menunjukkan bahwa media VLab memiliki tampilan, teknis, navigasi, keterbacaan, dan kompatibilitas yang telah memenuhi Standar kualitas media digital.
 - c. *Peer reviewer* merupakan wali kelas IV yang mengampu mata pelajaran IPA di sekolah dasar. Hasil penilaian *peer reviewer* memperoleh total skor 152 dari total skor 160, dengan kategori “Sangat Baik”. Hal ini menunjukkan bahwa media VLab telah memenuhi standar media pembelajaran dan sangat layak digunakan dalam pembelajaran di kelas IV sekolah dasar.
3. Respon pengguna yang diperoleh dari 21 orang murid, melalui instrumen skala guttman. Respon pengguna menunjukkan skor total 646 dari skor ideal 672 dengan persentase 96,13% dengan kategori “Sangat Baik”. Temuan ini menunjukkan bahwa media VLab diterima dengan sangat baik, mudah

digunakan, menarik, dan membantu murid dalam melakukan simulasi virtual yang sesuai dengan materi IPAS.

Dengan demikian, media VLab – Wujud Zat dan Perubahannya dinyatakan “Sangat Baik” digunakan sebagai media pembelajaran untuk kegiatan simulasi virtual pada mata pelajaran IPA untuk murid kelas IV SD/MI.

B. Keterbatasan penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, yakni sebagai berikut:

1. Pengembangan media dilakukan dengan menggunakan platform Canva, Gemini AI, Github, sehingga terdapat keterbatasan pada fleksibilitas desain dan stabilitas perangkat lunak pada perangkat tertentu.
2. Fitur-fitur utama dalam media VLab hanya dapat diakses apabila memiliki koneksi internet yang stabil dan belum semua tersedia secara *offline*.
3. Uji coba terbatas hanya dilakukan pada satu kelompok kecil murid di satu sekolah dasar, sehingga hasil respon belum mewakili populasi sekolah dasar secara lebih luas.
4. Materi yang tersaji dalam media hanya terfokus pada materi wujud zat dan perubahannya untuk kelas IV sekolah dasar.

C. Saran

Berdasarkan keterbatasan tersebut, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan mengembangkan media virtual laboratorium dengan menambahkan fitur yang lebih interaktif, seperti simulasi percobaan yang lebih kompleks, umpan balik otomatis, dan animasi yang lebih beragam agar pengalaman belajar murid menjadi lebih menarik dan bermakna.
2. Bagi peneliti lanjutan, uji coba dapat dilakukan pada sampel yang lebih luas dan beragam agar diperoleh data yang representatif dan lebih komprehensif.
3. Bagi guru dan sekolah, media VLab ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif media pembelajaran berbasis web dalam pembelajaran IPA, baik untuk kegiatan di kelas maupun secara mandiri. Namun, sebaiknya diperlukannya pendampingan agar murid dapat menggunakan media secara optimal.
4. Bagi murid, media VLab ini dapat digunakan sebagai sarana belajar mandiri untuk memperdalam pemahaman mengenai materi wujud zat dan perubahannya. Murid diharapkan dapat memanfaatkan seluruh fitur yang tersedia agar hasil belajar menjadi lebih optimal.
5. Bagi pengembang media, pengembangan fitur dapat disempurnakan dengan menambahkan variasi simulasi virtual, materi yang lebih luas, serta fitur

praktikum yang lebih kompleks sehingga media dapat dimanfaatkan pada materi IPAS lainnya dan mendukung pembelajaran yang lebih mendalam.

6. Bagi lembaga pendidikan, media VLab ini dapat dijadikan sebagai rujukan awal dalam pengembangan media digital berbasis web yang inovatif tentang simulasi virtual pada materi IPAS maupun mata pelajaran lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- A, R. Sandhika Galih, dan Nanda Fanzury. "Pengukuran Usability Aplikasi Web Menggunakan Metode Heuristic Evaluation." *Jurnal Pasundan Informatika* 2, no. 1 (2023): 1–8. <https://doi.org/10.23969/pasinformatik.v2i1.7174>.
- Abdullah, Gamar, dkk. *Pembelajaran IPA Di Sekolah Dasar*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2025.
- Alamsyah, Fendrias. "Pengembangan Media E-Learning Berbasis Virtual Dan Management System Sebagai Upaya Integrasi Distance Learning Dan Subject Centered Design Pada Materi Qur'an Hadist Kelas XI Keagamaan Di MAN 3 Kediri." Skripsi. Universitas Islam Negeri Syekh Wasil Kediri, 2021.
- Almahdali, Humairah, dkk. *New Technologies In Teaching And Learning*. Padang: Getpress Indonesia, 2023.
- Ansyah, Abda'u Yusron, Tania Salsabilla, dan Fahrur Rozi. *Etnosains Dan Lingkungan Strategi Pembelajaran Di SD*. Semarang: Penerbit Cahaya Ghani Recovery, 2024.
- Ardius, Ahmad. "Pemanfaatan Laboratorium Maya: Peluang Dan Tantangan." *Jurnal Teknodik* 24, no. 2 (2020): 147–160. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v24i2.679>.
- Ary Gumanti, Tatang, Yunidar, dan Syahrudin. *Metode Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Mitra Wacana Media, 2016.
- Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset Dan Teknologi, Republik Indonesia. Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, Dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Dasar Dan Menengah Nomor 046/H/KR/2025 Tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, Dan Jenjang Pendidikan Menengah (2025).
- Burhanuddin, Habibuddin, Mijahamuddin Alwi, Triyanto, Rohini, dan Yusriani. "Pengembangan Media Pembelajaran Poster Untuk Penguatan Karakter Saling Menghargai Dan Penanggulangan Bullying Siswa Sekolah Dasar." *Jurnal DIDIKA: Wahana Ilmiah Pendidikan Dasar* 11, no. 1 (2025): 129–142. <https://doi.org/10.29408/didika.v11i1.30415>.
- Candra, Randa, dan Dian Hidayati. "Penerapan Praktikum Dalam Meningkatkan Keterampilan Proses dan Kerja Murid Di Laboratorium IPA." *Eduagama: Jurnal Kependidikan Dan Sosial Keagamaan* 6, no. 1 (2020): 26–37. <https://doi.org/10.32923/edugama.v6i1.1289>.
- Cuit, Gemma Rustin. "Efektivitas Penggunaan Aplikasi Canva Sebagai Media Interaktif Dalam Pembelajaran Di Sekolah Dasar." *SHEs: Conference Series* 5, no. 5 (2022): 1493–1494.
- Darman. "Media Pembelajaran Berbasis Web Dengan Menggunakan Microsoft Expression Web Pada Mata Pelajaran IPA Terpadu Di SMP Negeri 2 Konawe

- Selatan.” *Scholar.Archive.Org* 1, no. 1 (2020): 1–26.
- Darussalam, Shahih. “Kitab Ilmu Dari Rasulullah SAW Bab Apa Yang Dikatakan Tentang Keutamaan Mencari Ilmu (Jami’ At-Tirmidzi No. 2646).” Hadist.id, n.d. <https://www.hadits.id/hadits/tirmidzi/2646>.
- Dawis, Aisyah Mutia, dkk. *Panduan Praktis Analisis Variabel Untuk Peneliti*. Makassar: CV. Tohar Media, 2024.
- Dewi, Ni Komang Tri Utami, Made Padmarani Sudewiputri, dan Ni Made Ignityas Prima Astuti. “Pengembangan Media Simulasi Virtual Laboratorium Pada Materi Perubahan Energi Untuk Siswa Fase B.” *Jurnal Belaindika: Pembelajaran Dan Inovasi Pendidikan* 7, no. 2 (2025): 362–369.
- Dina, Risma, Mardiani Mardiani, Nur Jannah, dan Praja Winata. “Prinsip Dan Kriteria Pemilihan Media Pembelajaran.” *Jurnal Generasi Tarbiyah: Jurnal Pendidikan Islam* 4, no. 1 (2025): 1–10. <https://doi.org/10.59342/jgt.v4i1.344>.
- Dwiyanti, Aris Naeni, Mawan Akhir Riwanto, dan Wahyu Nuning Budiarti. “Pengembangan Laboratorium Virtual Berbasis Pendidikan Karakter Untuk Siswa Sekolah Dasar” 2, no. 1 (2019): 22–27. <https://doi.org/10.20961/shes.v2i1.36169>.
- Fatoni, Wildan, Sevie Safitri Rosalina, dan Dinar Maftukh Fajar. “Urgensi Pembelajaran IPA Dengan Pendekatan Sains, Teknologi, Dan Masyarakat Dalam Menghadapi Problematika Kehidupan Masyarakat.” *Mimbar PGSD Undiksha* 2, no. 1 (2014): 111–130.
- Fauziyah, Zakiatul, dkk. “Pemanfaatan Inovasi Digital PHET Sebagai Media Belajar Interaktif Siswa Pada Pembelajaran IPA Di SD/MI.” *Seminar Nasional PGMI Semai 2025*, 2025, 89–104.
- Garris Pelangi. “Pemanfaatan Aplikasi Canva Sebagai Media Pembelajaran Bahasa Dan Sastra Indonesia Jenjang SMA/MA.” *Jurnal Sasindo Unpam* 8, no. 2 (2020): 79–96. <https://doi.org/10.32493/sasindo.v8i2.79-96>.
- Google. “Kelebihan Dan Kekurangan Sistem Large Language Model (LLM) Gemini.” Google AI, 2026. <https://gemini.google.com/app/a5e9d0d850ceb7e4?hl=id>.
- Gunarsih. “Pengembangan Bahan Ajar Cerita Fabel Berbasis Pendidikan Karakter Dengan Media Gemini AI Dan Canva Untuk Meningkatkan Kemampuan Menulis Murid Sekolah Dasar Gugus Ahmad Yani Ulujami Pemalang.” *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar* 10, no. 02 (2025): 659–666.
- Hamzah, Amir. *Metode Penelitian & Pengembangan (Research And Development)*. Malang: Literasi Nusantara, 2020.
- Hariyadi, Jordi Irawan, Viktor Handrianus Pranatawijaya, dan Nova Noor Kamala Sari. “Implementasi Gemini API Untuk Generatif Teks Deskripsi Karya Otomatis Dalam Aplikasi Pameran Berbasis Web Dengan Metode Waterfall.” *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan (J-TIT)* 11, no. 1 (2024): 21–26.

- Hassabis, Demis. "Memperkenalkan Gemini: Model AI Kami Yang Terbesar Dan Tercanggih." Google blog, 2023. https://blog.google/intl/id-id/company-news/technology/2023_12_memperkenalkan-gemini-model-ai-kami-yang-terbesar-dan-paling-mumpuni/.
- Hendra, Hery Afriyadi, dkk. *Media Pembelajaran Berbasis Digital (Teori & Praktik)*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- Hisbullah, dan Nurhayati Selvi. *Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Di Sekolah Dasar*. Makassar: Penerbit Aksara Timur, 2018.
- Huda, Baenil, Tukino Paryono, dan Ahmad Fauzi. *UI/UX Design: Bagi Para Perancang Dan Pengembang Produk Atau Layanan Digital*. Karawang: Asedel Liamsindo Teknologi, 2023.
- Huda, Nurul, dan Siti Fatonah. "Pembelajaran IPA Berbasis Praktikum Di MI Ngadirejo 1." *Al-Madrasah: Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah* 7, no. 4 (2023): 1923–1933. <https://doi.org/10.35931/am.v7i4.2582>.
- Informasi, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi. "Praktikum." Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada, n.d. <https://sarjana.jteti.ugm.ac.id/akademik/penjelasan-aktivitas-akademik/praktikum/>.
- Iriaji, Usep Kustiawan, Yuliati, Eka Putri Surya, Adinda Marcelliantika, dan Alby Aruna. *Social-Emotional Learning in Art: Strategies For Transformative Education*. Malang: Kreatifa Publishing House, 2025.
- Kadir, A R. "Perbandingan Efektivitas Penggunaan Laboratorium Riil Dengan Laboratorium Virtual Terhadap Hasil Belajar Murid Pada Pokok Bahasan Sistem Ekskresi Kelas XI IPA SMAS Rahmatul Asri Kabupaten Enrekang." Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2014.
- Kartika, Leli, I Wayan Distrik, dan Pujiati. "Scientific Approach-Based Student Worksheet To Improve Elementary School Student's Scientific Process Skill." *Indonesia Journal Of Science And Mathematics Education* 5, no. 3 (2022): 299. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v5i2.13779>.
- Kausar, Tria. "Pengaruh Metode Eksperimen Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Pada Mata Pelajaran IPAS Kelas IV Di SD Negeri 8 Metro Timur." Skripsi. Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Metro Lampung, 2025.
- Kemendikbudristek, Republik Indonesia. *Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Dan Sosial (IPAS) Fase A - Fase C. Badan Standar, Kurikulum, Dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi, 2022.
- Kurikulum dan Asesmen Pendidikan, Badan Standar. Pedoman Penilaian Buku Pendidikan, Pub. L. No. 039/H/P/2022, 13 (2022).
- Laksana, Dek Ngurah Laba, Dimas Qondias, dan Gde Putu Arya Oka. *Desain Penelitian Pengembangan Pendidikan*. Pekalongan: PT Nasya Expanding

Management, 2025.

- Lusiana, Rosalia Eka, Achmad Buchori, dan Harjito. "Developing 'SiGaya' Web-Based Interactive Learning Media Using Google Sites : Effect on Motivation and Science Learning Outcome in Primary Education." *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran* 12, no. 1 (2026): 478–488.
- Maasawet, ElsjeTheodora, Evie Palenewen, and Herlan Perdana Putra. *Buku IDB Virtual Laboratory Tahun 2021 Media Virtual Laboratory Dengan Model Project Based Learning (PjBL)*. Samarinda, 2021.
- Mahardika, Andi Ichsan, Harja Santana Purba, dan Arief Permana. "The Development of Web-Based Interactive Learning Media on Static." *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)* 5, no. 1 (2022): 1–18.
- Mais, Asrorul. *Media Pembelajaran Anak Berkebutuhan Khusus: Buku Referensi Untuk Guru, Mahasiswa, Dan Umum*. II. Jember: CV Pustaka Abadi, 2018.
- Mamuaya, Nova Christian, dkk. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Padang: Azzia Karya Bersama, 2025.
- Martatiyana, Diana Rossa, dan Faisal Madani. "Penerapan Asesmen Autentik Dalam Praktikum IPA Di Sekolah Dasar." *Jurnal Elementaria Edukasia* 6, no. 4 (2023): 1741–1760. <https://doi.org/10.31949/jee.v6i4.7291>.
- Mayarni, Pasaribu Laura. "Pengaruh Metode Praktikum Terhadap Hasil Belajar Pada Materi Pokok Alat Optik Di Kelas XI Semester II SMA Negeri 8 Medan TP 2017/2018." Skripsi. *Repository Universitas HKBP Nommensen*, 2018.
- Meiliyanthi, Ina, Fachrum Firdus, dan Purnamawati. "Pentingnya Penerapan Pembelajaran Berbasis Web Pada Wawasan Pendidikan Kejuruan." *EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi* 2, no. 2 (2022): 150–157. <https://doi.org/10.51878/edutech.v2i2.1207>.
- Munir. *Multimedia: Konsep Dan Aplikasi Dalam Pendidikan*. Bandung: Alfabeta, 2015.
- Nasiho, Lailatun. "Pengembangan Media Pembelajaran Virtual Laboratory Perwuda Untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPAS Siswa Kelas IV SDN Baye Kabupaten Kediri." Skripsi. Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Kediri, 2024.
- Nasional, Departemen Pendidikan. *Pedoman Pengembangan Media Pembelajaran*. Jakarta: Depdiknas, 2010.
- Nasution, Alya Febrina, Kartika Manalu, dan Miza Nina Adlini. "Pengembangan Virtual Laboratory Biology Pada Praktikum Pengamatan Protista Kelas X SMA." *Khatulistiwa: Jurnal Pendidikan Dan Sosial Humaniora* 3, no. 3 (2023): 291–303. <https://doi.org/10.55606/khatulistiwa.v3i3.2217>.
- Nengsih, Yanti Karmila, Mega Nurrisalia, Evy Ratna Kartika, and Shomedran. *Buku Ajar Media Dan Sumber Pendidikan Luar Sekolah*. Palembang: Bening Media Publishing, 2021.

- NFH, Alifya, dan Ayu Tri Wardani. "Evaluating Usability of a Website-Based Learning Platform for Basic Programming Using the SUS Method." *Information Technology Education Journal* 4, no. 1 (2025): 45–50. <https://doi.org/10.59562/intec.v4i1.6633>.
- Nihlah, Uti Inayatun. "Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Website Guna Peningkatan Hasil Belajar Murid Kelas V MI/SD." Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, 2017.
- Nisa, Umi Mahmudatun. "Metode Praktikum Untuk Meningkatkan Pemahaman Dan Hasil Belajar Siswa Kelas V MI YPPI 1945 Babat Pada Materi Zat Tunggal Dan Campuran." *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* 14, no. 1 (2017): 62–68.
- Noor, Toni Abdulah, Rizki Hadiwijaya Julkarnaen, dan Winarti Dwi Febriani. "Penerapan Metode Eksperimen Dalam Pembelajaran IPA Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains." *Lencana: Jurnal Inovasi Ilmu Pendidikan* 2, no. 2 (2024): 46–56.
- Nuai, Amirah, dan Silvi Nurkamiden. "Urgensi Kegiatan Praktikum Dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Di Sekolah Menengah Pertama." *Science Education Research (Search)Journal*, 2022, 48–63.
- Nur, Muh Nadzirin Anshari. *Laboratorium Virtual Internet of Things. Virtual Lab*. Makassar: Universitas Negeri Makassar, 2023.
- Nurdyansyah. *Media Pembelajaran Inovatif*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2019.
- Nurhayati, D. *Penerapan Universal Design for Learning Dalam Media Pendidikan*. Bandung: Alfabeta, 2021.
- Nurhidayati. "Analisis Pelaksanaan Praktikum Pada Pembelajaran Biologi Murid Kelas IX Di SMAN 7 Bandar Lampung Tahun Pelajaran 2015/2016." Skripsi. Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Raden Intan Lampung, 2016.
- "Observasi Murid Kelas IV Salah Satu SD/MI Di Desa Kalijeruk, Pada 13 November 2025." Cilacap, 2025.
- Oktaviani, Elmina Indah. "Pengembangan Media Pembelajaran Virtual Lab Dalam Praktikum Penurunan Titik Beku Dan Tekanan Osmotik Larutan." Skripsi. Universitas Lampung, 2016.
- Pane, Eva Pratiwi, Nenni Faridah Lubis, dan Gayus Simarmata. "Application of Interactive Virtual Lab Media Based on a STEM Approach in Improving Students' Scientific Literacy and Learning Motivation." *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 10, no. 12 (2024): 10736–10744. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.8589>.
- Parwati, Ni Nyoman, I Putu Pasek Suryawan, dan Ratih Ayu Apsari. *Belajar Dan Pembelajaran*. Depok: PT Raja Grafindo Persada, 2019.
- Parwito, Nur Amaliah Akhmad, dkk. *Sistem Pembelajaran IPA*. Sumedang: CV. Mega Press Nusantara, 2025.

- Penyusun, Tim. "Apa Itu Github?," n.d. https://docs.github.com/en/get-started/start-your-journey/what-is-github?utm_source=chatgpt.com.
- . "Kurikulum Merdeka." Kemendikbud, n.d. <https://kurikulum.kemdikbud.go.id/>.
- . "Materi Media Pembelajaran Berbasis Web." Kemendikisaintek, LMSSPADA, 2025. <https://lmsspada.kemdikisaintek.go.id/mod/book/tool/print/index.php?id=114024>.
- . "Tentang Canva." Blog Canva, 2013. https://www.canva.com/id_id/about/.
- Perbukuan, Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan Pusat Kurikulum. *Ilmu Pengetahuan Alam Dan Sosial*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi, 2021.
- Pramudya, Fauzan Daffa, dan Farida Istianah. "Pengembangan Media Virtual Lab Berbasis Website Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran IPAS Kelas IV SD Materi Perubahan Energi." *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar (JPPGSD)* 13, no. 2 (2025): 165-172.
- Prasetyo, Yoga Catur. "Pengembangan Virtual Laboratory Untuk Meningkatkan Literasi Sains Dan Minat Belajar Murid Kelas 4 Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah." Thesis. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2024.
- Prastowo, Andi. *Analisis Pembelajaran Tematik Terpadu*. Jakarta: Prenadamedia Group, 2019.
- Pratama, RD. Muhammad Deza. "Pengembangan Laboratorium Virtual Menggunakan Adobe Animate Pada Materi Perpindahan Kalor Di Kelas V Sekolah Dasar." Sripsi. Universitas Jambi, 2024.
- Putra, Rezi Elsyia, Ambiyar, Lili Suryani, dan Selvia Djasmayena. *Membangun Media Pembelajaran Berbasis Website Tanpa Coding*. Indramayu: CV. Adanu Abimata, 2024.
- Rahman, Syaiful, Wahid Munawar, dan Ega T. Berman. "Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Website Pada Proses Pembelajaran Produktif Di SMK." *Journal of Mechanical Engineering Education* 1, no. 1 (2014): 137–145. <https://doi.org/10.17509/jmee.v1i1.3746>.
- Rahmat, Muhamad. *Pendidikan IPA Di SD*. Klaten: PT. Nas Media Indonesia, 2024.
- Ramadhan, Muhammad Dhia, dan Indah Purnamasari. "UI / UX Design Using the Design Thinking Method on the Kahfi Education Website." *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi* 4, no. 3 (2025): 607–629. <https://doi.org/10.51903/regpfj64>.
- Republik Indonesia, Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi. "Kamus Besar Bahasa Indonesia." Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi, 2023. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/>.
- Retnawati, Heri. *Validitas Reliabilitas & Karakteristik Butir*. Yogyakarta: Parama

Publishing, 2020.

- Sa'adah, Risa Nur, dan Wahyu. *Metode Penelitian R&D (Research & Development) Kajian Teoritis Dan Aplikatif*. Malang: CV Literasi Nusantara Abadi, 2022.
- Sadiman, Arief S., dkk. *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, Dan Pemanfaatannya*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2014.
- Safira, Arum Donna, Iva Sarifah, dan Tunjungsari Sekaringtyas. "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web Articulate Storyline Pada Pembelajaran IPA Di Kelas V Sekolah Dasar [Development of Articulate Storyline Web-Based Interactive Learning Media on Science Learning in Grade V Elementary School]." *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan* 2, no. 2 (2021): 237–253.
- Santoso, Miftah Faruq. "Analisis Pemanfaatan Platform GitHub Sebagai Alat Kontrol Versi Dan Media Deployment Website." *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis* 8, no. 2 (2026): 137–147.
- Sari, Ayu Rizki Nilam, dan Suryanti. "Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Web Materi Siklus Hidup Hewan Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas 4 Sd." *Jurnal PGSD* 12, no. 10 (2024): 165–172.
- Sari, Pratiwi Kartika, dan Dzakiyah Nabilla Qonita. "QR Code-Based Digital Media for Scientific Literacy Skills Enhancement of Elementary School Students." *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan* 26, no. 1 (2024): 63–83. <https://doi.org/10.21009/jtp.v26i1.43285>.
- Setiaji, Cahyo Apri. *Strategi Pembelajaran Inovatif; Kiat Menjadi Pendidik Yang Inspiratif Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2022.
- Setiawan, Zunan, dkk. *Pendidikan Multimedia (Konsep Dan Aplikasi Pada Era Revolusi Industri 4.0 Menuju Society 5.0)*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- Siregar, Budi Halomoan, Abil Mansyur, Septi Lumongga, dan Fannisa Rahmadani. *Teori & Praktik Multimedia Pembelajaran Interaktif*. Medan: UMSU Press, 2022.
- Sopari, Asep Kurnia Jayadinata, dan Ali Ismail. "The Role of PHET-Based Virtual Laboratories on Primary Students' Motivation and Conceptual Understanding in the Energy Transformation Concepts." *Research in Physics Education* 3, no. 1 (2024): 8–14. <https://doi.org/10.31980/ripe.v3i1.38>.
- Sudikan, Setya Yumana, Titik Indarti, and Faizin. *Metode Penelitian & Pengembangan Research & Development Dalam Pendidikan Dan Pembelajaran*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2023.
- Sugiarti, Sugiarti, M. Haris Effendi Hsb, dan Damris Muhammad. "Pengembangan Laboratorium Virtual Pada Materi Penanaman Dan Pewarnaan Bakteri Di SMA." *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam* 10, no. 1 (2021): 1–6. <https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v10i1.20689>.

- Sugiarto, M. *Desain Grafis Untuk Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2020.
- Sugiyono. "Metode Penelitian Pendidikan. Bandung." *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D)*, 2015, 308.
- . *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2012.
- Suharyat, Yayat. *Metode Penelitian Pendidikan*. Banyumas: Wawasan Ilmu, 2022.
- Sunwinarti, and Djoko Suwito. "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis WEB Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dasar-Dasar Mesin Kelas X Di SMK Negeri 3 Buduran Sidoarjo." *Jurnal PGSD UNESA* 4, no. 3 (2016): 21–27.
- Supuwiningasih, Ni Nyoman, I Gede Harsemadi, dan I Made Suandana Astika Pande. *Teknologi Multimedia: Konsep, Inovasi Dan Kreatif Di Era Digital*. Medan: PT Media Penerbit Indonesia, 2025.
- Sutrisno, Ahmad Budi, dan Nuramaliyah Ramadhany. "Urgensi Pengembangan Modul Praktikum Digital Pada Pembelajaran IPA Terpadu Di Sekolah Dasar." *Jurnal Literasi Digital* 4, no. 3 (2024): 178–187. <https://doi.org/10.54065/jld.4.3.2024.490>.
- Syahrir, Ayun Permata, Sadira Putri Zahirah, dan Ummi Salamah. "Pemanfaatan Aplikasi Desain Grafis Canva Dalam Pembelajaran Multimedia Di SMA Negeri 1 Taman." *Prosiding Seminar Nasional*, 2023, 740.
- Thiagarajan, Sivasailam, Dorothy S. Semmel, and Melvyn I Semmel. *Instructional Development For Training Teachers of Exeptional Children: A Sourcebook*. Bloomington: Indiana: Center for Innovation in Teaching the Handicapped (CITH), Indiana University, 1974.
- Tubagus, Steven. *Prinsip Dan Penerapan Media Pembelajaran*. Bandung: Penerbit Widina, 2025.
- Wahid, Arief Mu'amar. "Perencanaan Pelaksanaan Dan Penilaian Praktikum." Amikom Purwokerto, 2022. <https://lpm.amikompurwokerto.ac.id/perencanaanpelaksanaandan-penilaian-praktikum/>.
- Wahyuni, Indah Suasani, Irma Erika Hermawati, Satya Darmayani, dan Theosobia Grace Orno. *Virtual-Learning Dari Berbagai Sudut Pandang Perguruan Tinggi Di Indonesia*. Pekalongan: PT. Nasya Expending Management, 2020.
- Wandini, Rora Rizki, Putri Zulva Sari, Noni Indah Rini, Sakinah Aprianni, and Anisyah Rahmadani. "Menerapkan Proses Keterampilan Dalam Pembelajaran IPA Di MI/SD." *Jurnal Pendidikan Dan Konseling* 4, no. 3 (2022): 2021–2027.
- "Wawancara Dengan N1, Wali Kelas IV Di Desa Kalijeruk, Pada 11 September 2025." Cilacap, 2025.
- "Wawancara Dengan N2, Wali Kelas IV MI Di Desa Kalijeruk, Pada 12 September 2025." Cilacap, 2025.

- “Wawancara Dengan N3, Wali Kelas IV SD Di Desa Kalijeruk, Pada 17 September 2025.” Cilacap, 2025.
- “Wawancara Dengan Wali Kelas IV SD N Dan MI Di Desa Kalijeruk, Pada Tanggal 11,12, Dan 17 September 2025.” Yogyakarta, 2025.
- Wayan Sri Darmayanti, Ni, I.K. Wisnu Budi Wijaya, dan Sanjayanti N.P.A. H. “Kepraktisan Panduan Praktikum Ipa Sederhana Sekolah Dasar (SD) Berorientasikan Lingkungan Sekitar.” *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika* 6, no. 2 (2020): 310–314. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i2.3365>.
- Widoyoko, Eko Putro. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2018.
- Wilani, Wina, dan Happy Karlina Marjo. “Implementasi Metode Eksperimen Pada Pembelajaran IPA Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dan Keterampilan Proses Siswa Kelas VI SD.” *Edukasiana: Jurnal Inovasi Pendidikan* 4, no. 3 (2025): 609.
- Yuliastrins, Adisti, Rian Verbrianto, and Irfan Andi Gafur. *Virtual Laboratorium IPA (Konsep Dasar Pembelajaran Meta Verse)*. Riau: Dotplus Publisher, 2023.
- Yuniarti, Felintina. “Pengembangan Virtual Laboratory Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Komputer Pada Materi Pembiakan Virus.” Skripsi. Universitas Negeri Semarang, 2011.
- Zamsiswaya, Sawaluddin, dan Bahosin Sihombing. “Model Pengembangan 4D (Define, Design, Develop, Dan Disseminate) dalam Pembelajaran Pendidikan Islam.” *Journal of Islamic Education El Madani* 4, no. 1 (2024): 11-19.
- Zulqadri, Dewanto Muhammad, dan Burhan Nurgiyantoro. “Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Web Untuk Meningkatkan Literasi Budaya Dan Literasi Digital Di Sekolah Dasar The Development of Web-Based Interactive Multimedia to Enhance Cultural Literacy and Digital Literacy in Elementary Schools.” *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komunikasi* 25, no. 1 (2023): 103–120. <https://doi.org/10.17933/iptekkom.25.1.2023.103-120>.
- Zunita, Vera, Shelsa Angginova, dan Azizah Syifa Az-zahra. “Analisis Pemahaman Konsep Perubahan Wujud Zat Melalui Pratikum Pembuatan Es Krim Putar” 6, no. 2 (2024): 145–155.