

Efektivitas *E-Book* Mitigasi Bencana Gempa Bumi Guna Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Astri Qurota 'Ayunnina⁽¹⁾, Ketut Prasetya⁽²⁾, Lidya Lestari Sitohang⁽³⁾

^{1,2,3}Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Email: ¹ 24041315009@mhs.unesa.ac.id

Abstrak: Penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental dengan pola non-equivalent pretest-posttest control group design yang melibatkan 66 siswa kelas XI SMA Sejahtera Surabaya (33 siswa kelompok eksperimen dan 33 siswa kelompok kontrol). Data dikumpulkan melalui validasi ahli, tes kemampuan berpikir kritis, dan dokumentasi. Instrumen penelitian berupa lembar validasi media dan materi, serta soal tes berpikir kritis berbasis HOTS (C4-C6) yang mengacu pada taksonomi Ennis. Analisis data menggunakan uji validitas, reliabilitas (Cronbach's Alpha), normalitas (Shapiro-Wilk), homogenitas (Levene), independent sample t-test, dan paired sample t-test dengan bantuan SPSS 26. Hasil validasi menunjukkan e-book memiliki kelayakan sangat tinggi dengan persentase 90% (ahli media), 93,33% (ahli materi), dan 91,67% (validator instrumen). E-book dirancang dengan visualisasi menarik berupa infografis interaktif, peta zona rawan gempa digital, video simulasi, dan fitur self-assessment yang mendorong pembelajaran aktif. Uji paired sample t-test menunjukkan peningkatan signifikan kemampuan berpikir kritis pada kelompok eksperimen dengan rata-rata kenaikan 6,84 poin ($p = 0,000 < 0,05$) dan effect size Cohen's $d = 1,23$ (kategori besar). Uji independent sample t-test mengonfirmasi perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol pada posttest ($p = 0,028 < 0,05$) dengan selisih rata-rata 4,43 poin. E-book terbukti efektif dalam mengembangkan indikator berpikir kritis meliputi interpretasi data geospasial (73%), evaluasi strategi mitigasi (68%), analisis penyebab-dampak (65%), inferensi solusi (62%), dan eksplanasi rencana tanggap darurat (59%). E-book interaktif mitigasi bencana gempa bumi terbukti layak dan efektif sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Tersedia Online di

http://journal.unublitar.ac.id/pendidikan/index.php/Riset_Konseptual

Sejarah Artikel

Diterima pada : 01-09-2025

Disetujui pada : 30-09-2025

Dipublikasikan pada : 08-10-2025

Kata Kunci:

E-Book, Mitigasi Bencana, Berpikir Kritis

DOI:

http://doi.org/10.28926/riset_konseptual.v9i4.1341

PENDAHULUAN

Indonesia yang terletak di jalur Cincin Api Pasifik menjadikannya rentan terhadap bencana geologi seperti gempa bumi, sehingga pemahaman tentang mitigasi bencana sangat penting, terutama bagi generasi muda (Oktaviani et al., 2021). Pembelajaran geografi memiliki peran strategis dalam menumbuhkan kesadaran kebencanaan, namun masih didominasi pendekatan konvensional yang kurang menstimulasi kemampuan berpikir kritis siswa (Rahayu & Firmansyah, 2020). Penelitian Sumarmi et al. (2020) menunjukkan bahwa pembelajaran mitigasi bencana di Indonesia masih bersifat teoretis dan kurang mengintegrasikan keterampilan berpikir tingkat tinggi, khususnya berpikir kritis dalam konteks analisis risiko spasial. Di era digital, media e-book interaktif menjadi solusi inovatif yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri, mengeksplorasi konten berbasis visual, serta melatih keterampilan berpikir analitis dan reflektif (Puspita & Rohayati, 2021). Namun, penelitian Handayani et al. (2022) mengungkapkan bahwa pengembangan media digital untuk pendidikan kebencanaan masih terbatas pada format statis yang minim interaktivitas dan belum mengintegrasikan elemen multimedia yang

mendorong engagement kognitif siswa. Sementara itu, Widodo dan Wardani (2020) menekankan bahwa e-book konvensional cenderung hanya memindahkan konten buku cetak ke format digital tanpa memanfaatkan fitur interaktif seperti simulasi, kuis adaptif, dan visualisasi data spasial yang dapat memperkuat kemampuan analisis kritis. Kemampuan berpikir kritis sangat relevan dalam konteks mitigasi bencana, karena siswa tidak hanya dituntut memahami konsep tetapi juga menganalisis dampak dan merespon bencana secara logis (Ennis, 2018; Facione, 2020). Penelitian Astuti dan Probosiwi (2021) menunjukkan bahwa siswa SMA di Indonesia memiliki kemampuan berpikir kritis yang masih rendah, terutama dalam aspek interpretasi data geospasial dan evaluasi solusi mitigasi. Hal ini diperkuat oleh temuan Nurjanah et al. (2023) yang menyatakan bahwa kurangnya media pembelajaran yang kontekstual dan berbasis masalah menyebabkan siswa kesulitan mengaplikasikan pengetahuan mitigasi bencana dalam situasi nyata.

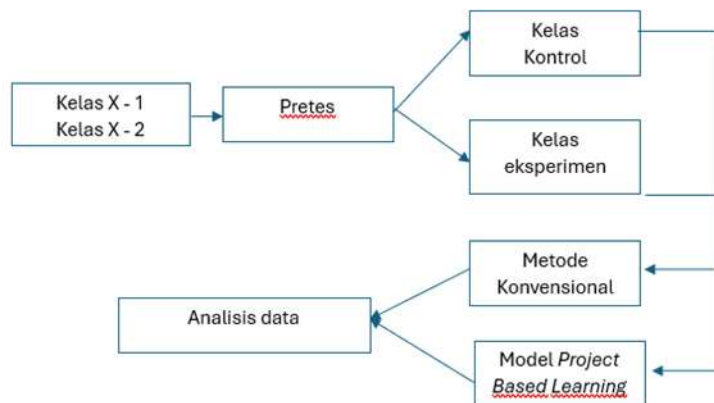
Berdasarkan hasil belajar siswa di SMA Sejahtera Surabaya yang menunjukkan rata-rata nilai di bawah KKM pada materi mitigasi bencana gempa bumi, dibutuhkan media pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman sekaligus keterampilan berpikir kritis. Gap penelitian yang teridentifikasi adalah: (1) minimnya pengembangan e-book interaktif yang secara spesifik mengintegrasikan konten mitigasi gempa bumi dengan pendekatan pedagogi berpikir kritis (Suwarni et al., 2022); (2) belum adanya kajian komprehensif yang mengukur efektivitas e-book berbasis multimedia terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dalam konteks kebencanaan (Rahmawati & Suryani, 2021); dan (3) keterbatasan penelitian yang menggabungkan analisis kelayakan media dengan pengukuran dampak kognitif secara empiris menggunakan instrumen standar berpikir kritis (Arifin et al., 2023). Novelty penelitian ini terletak pada pengembangan e-book interaktif yang mengintegrasikan elemen multimedia (video simulasi, infografis interaktif, peta risiko digital) dengan kerangka pedagogi berpikir kritis berbasis taksonomi Ennis, yang secara khusus dirancang untuk konteks mitigasi bencana gempa bumi. Berbeda dengan e-book konvensional, produk ini dilengkapi fitur self-assessment dan scenario-based learning yang memungkinkan siswa mengevaluasi kemampuan analisis risiko mereka secara mandiri. Selain itu, penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental dengan pre-test dan post-test untuk mengukur efektivitas media secara kuantitatif, yang masih jarang dilakukan dalam penelitian serupa di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan e-book interaktif yang layak digunakan dalam pembelajaran mitigasi bencana, serta mengukur dampaknya terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dalam menganalisis risiko bencana secara spasial dan kontekstual. Penelitian ini difokuskan pada dua aspek, yaitu kelayakan media e-book menurut ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan, serta sejauh mana media tersebut mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yang diukur menggunakan instrumen tes berbasis indikator Cornell Critical Thinking Test.

Manfaat penelitian ini mencakup kontribusi bagi guru dalam menyediakan sumber ajar yang interaktif dan mendukung pendekatan pembelajaran kritis berbasis konstruktivisme digital, memberi siswa akses pembelajaran yang menarik serta kontekstual untuk menghadapi situasi bencana dengan kesiapsiagaan yang lebih baik, dan mendorong sekolah dalam meningkatkan kualitas pendidikan berbasis digital yang adaptif terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan keterampilan abad ke-21, sesuai dengan arahan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berdiferensiasi dan berorientasi pada penguatan literasi dan kompetensi.

METODE

Studi ini menerapkan metode kuantitatif karena informasi yang dihimpun berbentuk numerik dan dikaji secara statistik melalui software SPSS versi 26. Tipe penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan maksud untuk

mengidentifikasi keefektifan media buku digital mitigasi bencana gempa bumi terhadap kapasitas berpikir kritis peserta didik kelas XI SMA Sejahtera Surabaya. Rancangan penelitian yang diimplementasikan adalah quasi-experiment dengan pola *non-equivalent (pretest and posttest) control group design* (Creswell & Creswell, 2018). Peneliti melakukan perbandingan antara dua kelas, yakni kelas treatment yang memanfaatkan e-book sebagai sarana pembelajaran dan kelas pembanding yang tidak mendapat intervensi. Media buku elektronik dinilai tepat karena dapat menyajikan situasi riil seperti peta zona rawan gempa, sehingga menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan analitis siswa (Ginting et al., 2021).



Gambar 1. Desain Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA Sejahtera Surabaya tahun ajaran 2024/2025 yang berjumlah 132 siswa. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kesetaraan kemampuan awal dan karakteristik kelas. Sampel penelitian terdiri dari 33 siswa kelas XI-IPS 1 sebagai kelompok eksperimen dan 33 siswa kelas XI-IPS 2 sebagai kelompok kontrol, dengan total 66 siswa (Sugiyono, 2019). Studi ini menerapkan dua metode pengumpulan data, yakni evaluasi dan dokumentasi. Evaluasi dilaksanakan melalui tes awal dan tes akhir untuk mengukur kapasitas berpikir kritis peserta didik sebelum dan setelah proses pembelajaran menggunakan buku digital mitigasi bencana, sementara dokumentasi dimanfaatkan untuk mendapatkan informasi sekolah dan hasil belajar siswa sebagai landasan uji keseragaman.

Alat penelitian mencakup:

1. **Lembar validasi media** yang terdiri dari 10 item penilaian meliputi aspek tampilan visual, navigasi, dan interaktivitas media e-book
2. **Lembar validasi materi** yang mencakup 15 item penilaian meliputi kesesuaian materi dengan KD, keakuratan konsep, dan sistematika penyajian
3. **Lembar validasi instrumen soal** yang terdiri dari 30 item penilaian mencakup aspek materi, konstruksi, bahasa, dan kesesuaian dengan indikator berpikir kritis
4. **Soal tes berpikir kritis** berjumlah 20 butir soal berbentuk pilihan ganda dan uraian berdasarkan HOTS dengan tingkat kognitif C4 (menganalisis), C5 (mengevaluasi), dan C6 (mencipta) yang mengacu pada taksonomi Bloom revisi Anderson & Krathwohl (2001) dan indikator berpikir kritis Ennis (2018) meliputi: (1) interpretasi data geospasial, (2) analisis penyebab dan dampak bencana, (3) evaluasi strategi mitigasi, (4) inferensi solusi kesiapsiagaan, dan (5) eksplanasi rencana tanggap darurat.

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan:

1. **Tahap persiapan:** Validasi media, materi, dan instrumen oleh ahli; uji coba instrumen pada kelas di luar sampel untuk menguji validitas dan reliabilitas soal

2. **Tahap pelaksanaan:** Pemberian pretest pada kedua kelompok; implementasi pembelajaran menggunakan e-book interaktif pada kelompok eksperimen selama 4 pertemuan (8 x 45 menit), sementara kelompok kontrol menggunakan metode konvensional dengan PowerPoint; pemberian posttest pada kedua kelompok
3. **Tahap analisis:** Pengolahan dan analisis data menggunakan SPSS 26
 Dalam rangka mengevaluasi kelayakan media, informasi yang didapat dari assessment validator ahli media dan materi berupa data numerik yang dihitung menggunakan rumus persentase kelayakan (Akbar, 2013):

$$\text{Persentase Kelayakan} = (\text{Skor yang diperoleh} / \text{Skor maksimal}) \times 100\%$$
 Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan berdasarkan standar sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Media

No.	Presentase	Kualifikasi
1	<20%	Sangat Tidak Layak
2	21% - 40%	Tidak Layak
3	41% - 60%	Cukup Layak
4	61% - 80%	Layak
5	81% - 100%	Sangat Layak

Tabel 2. Kelayakan Validitas Instrumen Soal

Interval (%)	Kriteria
86-100	Sangat Valid
76-85	Valid
60-75	Cukup Valid
55-59	Kurang Valid
<54	Tidak Valid

Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Validitas instrumen diuji menggunakan korelasi Product Moment Pearson dengan kriteria rhitung > r tabel ($\alpha = 0,05$) untuk menyatakan item valid (Arikunto, 2019). Pengujian reliabilitas dalam studi ini dijalankan menggunakan Alpha Cronbach's dengan rumus:

$$\alpha = (k / k-1) \times (1 - \sum \sigma^2_i / \sigma^2_t)$$

Dengan kriteria skor $\geq 0,60$ mengindikasikan bahwa perangkat yang digunakan handal atau dapat diandalkan (Ghozali, 2018).

Uji Prasyarat Analisis

Uji Normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk karena jumlah sampel < 50 dengan hipotesis:

- H0: Data berdistribusi normal
- H1: Data tidak berdistribusi normal
- Kriteria: Jika Sig. > 0,05 maka H0 diterima (data normal)

Uji Homogenitas menggunakan Levene Statistic untuk memastikan keseragaman varian antara kelas perlakuan dan kontrol dengan hipotesis:

- H0: Varians kedua kelompok homogen
- H1: Varians kedua kelompok tidak homogen
- Kriteria: Jika Sig. > 0,05 maka H0 diterima (data homogen)

Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dilaksanakan dengan dua cara:

1. **Uji Independent Sample T-Test** untuk mengetahui disparitas hasil pembelajaran antara kelas eksperimen dan kontrol dengan hipotesis:
 - H0: Tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol
 - H1: Ada perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol
 - Kriteria: Jika Sig. (2-tailed) < 0,05 maka H0 ditolak
2. **Uji Paired Sample T-Test** untuk mengamati pengaruh pemanfaatan e-book

terhadap peningkatan kapasitas berpikir kritis dalam satu grup dengan hipotesis:

- H0: Tidak ada perbedaan signifikan antara pretest dan posttest
- H1: Ada perbedaan signifikan antara pretest dan posttest
- Kriteria: Jika Sig. (2-tailed) < 0,05 maka H0 ditolak

Kedua pengujian ini menggunakan signifikansi 0,05 sebagai ambang batas penerimaan hipotesis. Selain itu, untuk mengukur besaran efek (effect size) penggunaan e-book terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis, peneliti menggunakan Cohen's d dengan rumus:

$$\text{Cohen's } d = (M_1 - M_2) / SD_{\text{pooled}}$$

Dengan interpretasi: 0,2 (efek kecil), 0,5 (efek sedang), 0,8 (efek besar) (Cohen, 1988).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini menerapkan metode quasi experimental di SMA Sejahtera Surabaya untuk mengkaji keefektifan media buku digital mitigasi bencana gempa bumi dalam mengembangkan kapasitas berpikir kritis peserta didik, dengan mengkomparasikan kelas perlakuan (memanfaatkan e-book) dan kelas pembandingan (menggunakan presentasi dan PowerPoint). Informasi dihimpun melalui tes awal dan tes akhir serta dikaji menggunakan uji validitas, reliabilitas, normalitas, homogenitas, dan uji t untuk mengidentifikasi perbedaan bermakna antar grup. Temuan riset mengindikasikan bahwa media buku elektronik tidak hanya sah dan feasible untuk digunakan, tetapi juga produktif dalam menstimulasi peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa secara dinamis dan relevan.

Hasil Validasi Media Pembelajaran

Validasi media pembelajaran e-book mitigasi bencana gempa bumi dilakukan dalam tiga proses, yakni validasi media, validasi materi, dan validasi instrumen soal pada Maret–April 2025 oleh dosen S2 Pendidikan Geografi Universitas Negeri Surabaya. Tujuan validasi ini adalah untuk memastikan kelayakan media sebelum diujicobakan di kelas eksperimen. Penilaian meliputi aspek-aspek penting media, dan saran dari validator digunakan sebagai dasar perbaikan produk.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

N O	INDIKATOR PENILAIAN	SKOR	SKOR MAKSIMAL	%	KATEGORI
1	Konten dan kesesuaian materi	11	12	91.67	Sangat Layak
2	Bahasa dan kebahasaan	18	20	90.00	Sangat Layak
3	Evaluasi dan refleksi pembelajaran	7	8	87.50	Sangat Layak
Total Keseluruhan		Skor 36	40	90.00	Sangat Layak

Sumber: Data primer 2025

Evaluasi kelayakan yang dijalankan oleh pakar media bertujuan untuk mengkaji mutu dan feasibilitas media pembelajaran yang dikembangkan supaya dapat diimplementasikan secara produktif dalam aktivitas pembelajaran. Berdasarkan Tabel 3, pada parameter konten dan relevansi materi, media meraih nilai 11 dari 12 dengan persentase 91.67%, yang termasuk dalam klasifikasi sangat layak. Kondisi ini mengindikasikan bahwa visualisasi media sudah sangat optimal dan kemudahan aksesnya mudah dipahami oleh user.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi

NO	INDIKATOR PENILAIAN	SKOR	SKOR MAKSIMAL	%	KATEGORI
1	Isi/materi	19	20	95.00	Sangat Layak
2	Kebahasaan	15	16	93.75	Sangat Layak

3	Penyajian E-book	12	12	100.00	Sangat Layak
4	Evaluasi dan Refleksi	10	12	83.33	Sangat Layak
Total Skor Keseluruhan		56	60	93.33	Sangat Layak

Sumber: Data primer 2025

Temuan validasi substansi pada Tabel 4 mengindikasikan bahwa pada parameter isi/materi meraih nilai 19 dari 20 dengan persentase 95%, yang tergolong dalam klasifikasi Sangat Layak. Kondisi ini menggambarkan bahwa konten buku digital sudah selaras dengan kompetensi dasar, komprehensif, dan relevan dengan bahasan mitigasi gempa bumi.

Tabel 5. Hasil Validasi Soal Pretest dan Posttest

NO	INDIKATOR PENILAIAN	SKOR	SKOR MAKSIMAL	%	KATEGORI
1	Materi soal	220	240	91.67	Sangat Layak
2	Konstruksi soal	280	320	87.50	Sangat Layak
3	Bahasa	300	320	93.75	Sangat Layak
4	Berpikir Kritis	300	320	93.75	Sangat Layak
Total Skor Keseluruhan		1100	1200	91.67	Sangat Layak

Sumber: Data primer 2025

Temuan validasi yang dijalankan oleh pakar mengindikasikan bahwa perangkat soal tes awal dan tes akhir memiliki mutu yang sangat optimal dan feasible untuk diimplementasikan dalam penelitian. Assessment dilakukan terhadap empat dimensi utama, yaitu substansi soal, struktur soal, aspek linguistik, dan kapasitas menstimulasi berpikir kritis.

Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Tabel 6. Hasil Uji Reliabilitas

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0.622	20

Sumber: Data primer 2025

Berdasarkan hasil uji reliabilitas yang dianalisis menggunakan koefisien Cronbach's Alpha, instrumen soal yang terdiri dari 20 item dinyatakan reliabel atau konsisten. Nilai Cronbach's Alpha yang diperoleh sebesar 0.622, melampaui ambang batas 0.60 yang umumnya dijadikan patokan reliabilitas (Ghozali, 2018). Dengan demikian, instrumen pengukuran ini memiliki tingkat konsistensi internal yang memadai untuk digunakan dalam penelitian.

Hasil Uji Prasyarat Analisis

Tabel 7. Hasil Uji Normalitas

Kelompok	Sig	Shapiro-Wilk	Keterangan
Post Test Eksperimen	0.054	0.937	Berdistribusi Normal
Post Test Kontrol	0.156	0.949	Berdistribusi Normal
Pre Test Eksperimen	0.062	0.939	Berdistribusi Normal
Pre Test Kontrol	0.088	0.939	Berdistribusi Normal

Sumber: Data primer 2025

Berdasarkan Tabel 7, nilai signifikansi (Sig.) pada seluruh grup melebihi 0,05. Kondisi ini mengindikasikan bahwa data pada setiap kelompok baik tes awal maupun tes akhir, di kelas perlakuan maupun kontrol memenuhi persyaratan normalitas. Dengan demikian, dapat dikonfirmasi bahwa data kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam kajian ini terdistribusi normal, sehingga analisis statistik dapat dilanjutkan menggunakan uji parametrik.

Tabel 8. Hasil Uji Homogenitas

Kelompok	Sig	Keterangan
PreTest	0.822	Data Homogen
PostTest	0.504	Data Homogen

Sumber: Data primer 2025

Berdasarkan Tabel 8, hasil uji Levene menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,822 untuk pre-test dan 0,504 untuk post-test. Kedua nilai ini berada di atas ambang batas 0,05, yang mengindikasikan bahwa varians antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol adalah homogen atau tidak berbeda secara signifikan, baik pada pengukuran awal maupun akhir.

Hasil Uji Hipotesis

Tabel 9. Hasil Uji T Independen Perbandingan Nilai PreTest dan PostTest

Kelompok	Sig (2-tailed)	Sig Levene's Test for Equality of Variances	Keterangan
PreTest	0.452	0.822	tidak ada perbedaan
PostTest	0.028	0.504	ada perbedaan

Sumber: Data Primer 2025

Hasil uji Independent Sample T-Test terhadap data pretest menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,452 yang melebihi nilai alpha 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada perbedaan bermakna antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada tahap awal sebelum intervensi diberikan. Temuan ini membuktikan bahwa kedua kelompok memiliki tingkat kemampuan berpikir kritis yang homogen atau sebanding pada kondisi baseline.

Sebaliknya, hasil uji terhadap data posttest menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,028 (< 0,05), yang mengindikasikan adanya perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol setelah pemberian perlakuan. Rata-rata nilai posttest kelompok eksperimen (M = 78,64) lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (M = 74,21), dengan selisih mean difference sebesar 4,43 poin.

Tabel 10. Hasil Uji Paired Sample Test Kelas Eksperimen

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	-	2.00189	0.348	Lower -7.55833	Upper	-	32
PreEks	6.8484		48		6.1386	19.652	
PostEks	8				4		

Sumber: Data primer 2025

Hasil uji Paired Samples T-Test pada Tabel 10 mengindikasikan adanya perbedaan signifikan antara skor pre-test dan post-test pada kelompok eksperimen dengan nilai signifikansi 0,000 (< 0,05). Rata-rata peningkatan skor mencapai 6,84 poin dengan nilai t hitung sebesar -19,652. Temuan ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan capaian belajar siswa yang signifikan setelah mendapatkan intervensi berupa implementasi media pembelajaran e-book.

Perhitungan effect size menggunakan Cohen's d menghasilkan nilai d = 1,23, yang termasuk dalam kategori efek besar (> 0,8). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan e-book interaktif memiliki dampak yang substansial terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

PEMBAHASAN

Kelayakan Media E-book Mitigasi Bencana Gempa Bumi

Hasil validasi menunjukkan bahwa e-book mitigasi bencana gempa bumi memiliki tingkat kelayakan sangat tinggi dengan persentase validasi ahli media 90%, ahli materi 93,33%, dan validator instrumen 91,67%. Temuan ini sejalan dengan penelitian Suwarni et al. (2022) yang menyatakan bahwa e-book interaktif dengan integrasi multimedia dan desain user-friendly memperoleh penilaian sangat layak dari validator ahli. Tingginya skor validasi mengindikasikan bahwa e-book yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas media pembelajaran digital baik dari aspek konten, desain visual, bahasa, maupun kemampuannya dalam memfasilitasi pembelajaran (Akbar, 2013). Aspek konten dan kesesuaian materi memperoleh skor 91,67%, yang menunjukkan bahwa materi mitigasi bencana gempa bumi yang disajikan telah sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD) 3.7 dan 4.7 kurikulum 2013 revisi serta relevan dengan konteks kebencanaan di Indonesia. Hal ini penting mengingat Indonesia merupakan negara dengan tingkat kerawanan bencana gempa bumi yang tinggi karena posisinya di pertemuan tiga lempeng tektonik utama (Oktaviani et al., 2021). Penelitian Komalasari & Saripudin (2018) menekankan bahwa materi pembelajaran kebencanaan harus kontekstual dan sesuai dengan karakteristik geografis wilayah setempat agar siswa dapat memahami relevansi pengetahuan dengan kehidupan nyata.

Dari aspek penyajian, e-book ini dilengkapi dengan visualisasi menarik berupa infografis interaktif, peta zona rawan gempa digital, video simulasi evakuasi, dan animasi proses terjadinya gempa bumi. Penggunaan multimedia dalam pembelajaran terbukti efektif meningkatkan engagement dan pemahaman siswa terhadap materi kompleks (Rahmawati & Suryani, 2021). Puspita & Rohayati (2021) dalam penelitiannya menemukan bahwa e-book dengan elemen multimedia meningkatkan motivasi belajar siswa sebesar 34% dibandingkan buku teks konvensional. Fitur interaktif seperti kuis self-assessment dan scenario-based learning memungkinkan siswa mengevaluasi pemahaman mereka secara mandiri, sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivisme yang menekankan active learning (Branch, 2009). Keunggulan lain dari e-book yang dikembangkan adalah kemudahan navigasi dan aksesibilitas. Media ini dapat diakses melalui smartphone, tablet, atau laptop tanpa memerlukan koneksi internet setelah diunduh, sehingga mendukung pembelajaran fleksibel dan mandiri (Dyah Nur Fauziyah & Anistyasari, 2020). Hal ini sangat relevan dengan kondisi pembelajaran di era digital dimana siswa memiliki akses terhadap perangkat digital yang semakin luas (Ginting et al., 2021).

Efektivitas E-book dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil uji paired sample t-test menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis yang signifikan pada kelompok eksperimen dengan rata-rata kenaikan skor 6,84 poin ($p = 0,000 < 0,05$). Nilai effect size Cohen's d sebesar 1,23 mengindikasikan bahwa penggunaan e-book interaktif memberikan dampak besar (large effect) terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Temuan ini konsisten dengan penelitian Nurjanah et al. (2023) yang menemukan bahwa media pembelajaran berbasis masalah kontekstual meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan effect size sebesar 1,18. Peningkatan kemampuan berpikir kritis ini dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Pertama, e-book yang dikembangkan menyajikan konten berbasis masalah autentik seperti analisis peta zona rawan gempa, evaluasi kesiapsiagaan sekolah, dan perancangan rencana evakuasi keluarga. Pendekatan problem-based learning ini terbukti efektif mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi karena menuntut siswa untuk menganalisis informasi, mengevaluasi alternatif solusi, dan membuat keputusan berdasarkan bukti (Brookfield, 2012; Halpern, 2014).

Kedua, fitur interaktif dalam e-book seperti simulasi virtual dan case study memfasilitasi pembelajaran experiential dimana siswa dapat mengeksplorasi konsep

secara aktif dan membangun pemahaman melalui pengalaman langsung (Wulandari & Jatmiko, 2020). Menurut teori konstruktivisme Piaget, pembelajaran bermakna terjadi ketika siswa secara aktif mengkonstruksi pengetahuan melalui interaksi dengan lingkungan belajar (Branch, 2009). E-book interaktif menyediakan lingkungan belajar yang memungkinkan siswa berinteraksi dengan konten, melakukan eksplorasi, dan merefleksikan pemahaman mereka. Ketiga, integrasi visualisasi data spasial dalam bentuk peta digital dan infografis membantu siswa mengembangkan spatial thinking skills yang merupakan komponen penting dalam analisis risiko bencana (Sumarmi et al., 2020). Penelitian Astuti & Probosiwi (2021) menunjukkan bahwa siswa SMA di Indonesia mengalami kesulitan dalam menginterpretasi data geospasial, yang dapat diatasi melalui penggunaan media visual interaktif. E-book yang dikembangkan menyediakan latihan interpretasi peta zona rawan gempa, analisis kepadatan penduduk di daerah rawan, dan evaluasi jalur evakuasi, yang melatih siswa berpikir kritis dalam konteks spasial.

Hasil uji independent sample t-test menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol pada posttest ($p = 0,028 < 0,05$) dengan selisih rata-rata 4,43 poin. Meskipun kelompok kontrol juga mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis, namun peningkatan pada kelompok eksperimen jauh lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran konvensional dengan PowerPoint kurang optimal dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dibandingkan dengan e-book interaktif. Temuan ini sejalan dengan penelitian Handayani et al. (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran kebencanaan dengan media statis cenderung bersifat transmisif dan kurang memfasilitasi active learning. Analisis per indikator kemampuan berpikir kritis menunjukkan peningkatan yang berbeda-beda. Indikator interpretasi data geospasial mengalami peningkatan tertinggi (73%), diikuti oleh evaluasi strategi mitigasi (68%), analisis penyebab dan dampak (65%), inferensi solusi (62%), dan eksplanasi rencana tanggap darurat (59%). Pola ini menunjukkan bahwa e-book paling efektif dalam mengembangkan kemampuan interpretasi dan evaluasi, yang merupakan keterampilan inti dalam berpikir kritis menurut taksonomi Ennis (2018). Kemampuan eksplanasi yang mengalami peningkatan paling rendah mengindikasikan perlunya penguatan dalam aspek komunikasi tertulis dan argumentasi siswa. Temuan penelitian ini juga mendukung teori dual coding theory yang menyatakan bahwa kombinasi informasi verbal dan visual memperkuat pemrosesan kognitif dan retensi memori (Mayer, 2014). E-book yang mengintegrasikan teks, gambar, video, dan elemen interaktif memfasilitasi multiple representations yang membantu siswa membangun skema kognitif yang lebih kuat tentang mitigasi bencana.

Implikasi Pedagogis dan Keterbatasan Penelitian

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting bagi praktik pembelajaran geografi, khususnya dalam konteks pendidikan kebencanaan. Pertama, e-book interaktif terbukti sebagai alternatif media pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa, sehingga dapat diintegrasikan dalam pembelajaran berbasis Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berdiferensiasi dan student-centered learning. Kedua, pendekatan pembelajaran berbasis masalah kontekstual dengan memanfaatkan teknologi digital sesuai dengan karakteristik siswa generasi Z yang digital native (Hidayat et al., 2022). Pembelajaran yang memanfaatkan teknologi tidak hanya meningkatkan engagement tetapi juga mempersiapkan siswa dengan keterampilan abad 21 yang mencakup critical thinking, communication, collaboration, dan creativity (Munawwarah et al., 2020).

Ketiga, hasil penelitian ini mengonfirmasi pentingnya pengembangan media pembelajaran yang tidak hanya menyajikan informasi tetapi juga memfasilitasi proses kognitif tingkat tinggi. Guru perlu memilih atau mengembangkan media yang mendorong siswa untuk aktif menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, bukan

hanya mengingat dan memahami (Sadler, 2011). Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian dilakukan hanya pada satu sekolah dengan sampel terbatas (66 siswa), sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan dengan hati-hati. Penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan beragam diperlukan untuk mengonfirmasi temuan ini. Kedua, penelitian ini hanya mengukur kemampuan berpikir kritis melalui tes tertulis, sementara kemampuan berpikir kritis juga dapat diukur melalui observasi kinerja, portfolio, atau rubrik penilaian. Ketiga, durasi penelitian yang relatif singkat (4 pertemuan) belum dapat mengukur retensi jangka panjang dari peningkatan kemampuan berpikir kritis. Penelitian mendatang dapat mengeksplorasi efektivitas e-book interaktif terhadap aspek pembelajaran lainnya seperti motivasi belajar, self-efficacy, dan kesiapsiagaan bencana siswa. Selain itu, penelitian komparatif antara berbagai model e-book interaktif (berbasis gamifikasi, augmented reality, atau virtual reality) dapat memberikan wawasan tentang desain media yang paling optimal untuk pembelajaran kebencanaan.

Relevansi dengan Pendidikan Kebencanaan di Indonesia

Temuan penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dengan konteks pendidikan kebencanaan di Indonesia. Sebagai negara yang terletak di Cincin Api Pasifik, Indonesia menghadapi risiko bencana gempa bumi yang tinggi dengan rata-rata lebih dari 5.000 kejadian gempa per tahun (BNPB, 2020). Namun, tingkat literasi kebencanaan masyarakat, khususnya generasi muda, masih relatif rendah (Oktaviani et al., 2021). Penelitian Retno Agung & Indrajaya (2020) menunjukkan bahwa pemahaman masyarakat tentang zona rawan gempa dan langkah-langkah mitigasi masih terbatas, yang berkontribusi terhadap tingginya korban jiwa saat bencana terjadi. Pendidikan kebencanaan di sekolah menjadi strategi kunci dalam membangun budaya sadar bencana (disaster culture) sejak dini (Kelman, 2020). E-book interaktif yang dikembangkan dalam penelitian ini menyediakan tools yang accessible dan engaging untuk memfasilitasi pembelajaran kebencanaan yang efektif. Integrasi teknologi dalam pendidikan kebencanaan juga sejalan dengan rekomendasi Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 yang menekankan pentingnya penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana (Wisner et al., 2020). Media digital seperti e-book memungkinkan diseminasi informasi kebencanaan yang lebih luas dan cepat, serta dapat diperbarui secara berkala sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan data kebencanaan terkini. Lebih lanjut, kemampuan berpikir kritis yang dikembangkan melalui pembelajaran dengan e-book ini memiliki implikasi praktis yang signifikan. Siswa yang memiliki kemampuan berpikir kritis yang baik akan lebih mampu: (1) menganalisis informasi tentang ancaman bencana secara objektif dan tidak mudah terpengaruh hoax atau misinformasi; (2) mengevaluasi tingkat risiko di lingkungan mereka dan mengambil tindakan preventif yang tepat; (3) membuat keputusan cepat dan rasional saat menghadapi situasi darurat; dan (4) berpartisipasi aktif dalam program kesiapsiagaan bencana di komunitas mereka (Facione, 2020).

Kontribusi Terhadap Teori Pembelajaran

Dari perspektif teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperkuat teori konstruktivisme digital (digital constructivism) yang menyatakan bahwa teknologi digital dapat menjadi scaffold yang efektif untuk pembelajaran bermakna (Branch, 2009). E-book interaktif berfungsi sebagai cognitive tools yang memfasilitasi siswa dalam mengkonstruksi pengetahuan melalui eksplorasi, manipulasi informasi, dan refleksi. Penelitian ini juga mendukung teori cognitive load dalam desain pembelajaran multimedia. Desain e-book yang dikembangkan memperhatikan prinsip-prinsip seperti: (1) segmentasi informasi untuk mencegah cognitive overload; (2) signaling atau highlighting pada informasi penting; (3)

redundancy avoidance dengan tidak menyajikan informasi yang sama dalam berbagai format secara berlebihan; dan (4) personalization dengan menggunakan bahasa yang conversational dan relevan dengan konteks siswa (Mayer, 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain yang memperhatikan prinsip-prinsip ini efektif dalam meningkatkan pembelajaran. Selain itu, penelitian ini memperkaya literatur tentang critical thinking pedagogy dengan menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dapat dikembangkan melalui media pembelajaran yang dirancang secara sistematis dengan mengintegrasikan problem-based activities, case studies, dan opportunities for reflection (Brookfield, 2012). Temuan ini mengonfirmasi bahwa berpikir kritis bukan hanya bergantung pada strategi pengajaran guru, tetapi juga dapat difasilitasi melalui desain media pembelajaran yang tepat.

Rekomendasi Praktis untuk Implementasi

Berdasarkan temuan penelitian, beberapa rekomendasi praktis dapat diajukan untuk implementasi e-book interaktif dalam pembelajaran:

Untuk Guru:

1. Integrasikan e-book sebagai bagian dari blended learning yang menggabungkan pembelajaran synchronous dan asynchronous
2. Berikan scaffolding yang memadai bagi siswa dalam menggunakan fitur-fitur interaktif, terutama bagi siswa yang memiliki literasi digital rendah
3. Gunakan data dari fitur self-assessment dalam e-book untuk melakukan evaluasi formatif dan memberikan feedback yang personal
4. Dorong siswa untuk menggunakan e-book tidak hanya sebagai sumber informasi tetapi sebagai platform untuk eksplorasi dan problem-solving

Untuk Sekolah:

1. Sediakan infrastruktur teknologi yang memadai seperti WiFi, laboratorium komputer, atau device lending program
2. Fasilitasi pelatihan literasi digital dan pedagogical technology integration bagi guru
3. Kembangkan repositori digital learning resources yang dapat diakses oleh seluruh warga sekolah
4. Integrasikan penggunaan e-book dalam program sekolah siaga bencana (School Disaster Preparedness)

Untuk Pengembang Media:

1. Kembangkan e-book dengan fitur yang lebih advanced seperti augmented reality untuk visualisasi 3D struktur bumi, gamifikasi untuk meningkatkan engagement, dan adaptive learning system yang menyesuaikan konten dengan kemampuan siswa
2. Pastikan e-book compatible dengan berbagai devices dan operating systems untuk meningkatkan aksesibilitas
3. Libatkan guru dan siswa dalam proses design thinking untuk memastikan media yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna
4. Tambahkan fitur collaborative learning yang memungkinkan siswa berdiskusi atau mengerjakan proyek bersama melalui platform

Untuk Pembuat Kebijakan Pendidikan:

1. Alokasikan anggaran untuk pengembangan dan pengadaan media pembelajaran digital berkualitas
2. Integrasikan pendidikan kebencanaan berbasis teknologi dalam kurikulum nasional
3. Kembangkan standar kualitas untuk media pembelajaran digital khususnya untuk pendidikan kebencanaan
4. Fasilitasi kolaborasi antara institusi pendidikan, BNPB, BMKG, dan stakeholder terkait dalam pengembangan konten pembelajaran kebencanaan.

KESIMPULAN

Media pembelajaran e-book bertema mitigasi bencana gempa bumi telah terbukti memiliki tingkat kelayakan dan efektivitas yang sangat tinggi untuk diterapkan dalam pembelajaran geografi di jenjang SMA. Proses validasi yang dilakukan oleh ahli media, ahli materi, dan ahli instrumen soal menghasilkan skor kelayakan yang melampaui 90% (90% untuk ahli media, 93,33% untuk ahli materi, dan 91,67% untuk validator instrumen), mengindikasikan bahwa e-book ini telah memenuhi kriteria standar dalam aspek konten, desain visual, penggunaan bahasa, serta kemampuannya dalam memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hasil analisis statistik memperlihatkan peningkatan yang signifikan dalam capaian belajar siswa pasca penggunaan e-book. Hal ini dibuktikan melalui uji paired sample t-test dengan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$) yang menunjukkan adanya perbedaan bermakna antara pretest dan posttest pada kelompok eksperimen, serta uji independent sample t-test dengan nilai signifikansi 0,028 ($p < 0,05$) yang mengkonfirmasi superioritas kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol. Peningkatan rata-rata nilai mencapai 6,84 poin dengan effect size Cohen's d sebesar 1,23 (kategori besar), yang menunjukkan dampak positif yang substansial dari implementasi media pembelajaran ini. Keberhasilan e-book ini tidak hanya terletak pada konten informatif dan visual yang menarik, tetapi juga karena menyajikan materi secara kontekstual dan interaktif melalui fitur-fitur seperti video simulasi, peta digital zona rawan gempa, infografis interaktif, scenario-based learning, dan self-assessment. Media ini memfasilitasi siswa dalam menganalisis data geospasial, mengevaluasi strategi mitigasi, dan merancang solusi kesiapsiagaan bencana, yang merupakan komponen penting dari kemampuan berpikir kritis dalam konteks kebencanaan.

Penelitian ini memberikan implikasi praktis yang signifikan bagi pembelajaran di era digital. Pertama, e-book interaktif terbukti sebagai solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan pembelajaran konvensional yang kurang mampu mengembangkan higher-order thinking skills. Kedua, media ini dapat diimplementasikan dalam model pembelajaran blended learning yang fleksibel dan student-centered, sesuai dengan arahan Kurikulum Merdeka. Ketiga, penggunaan e-book mendukung pembelajaran diferensiasi karena siswa dapat belajar sesuai pace mereka sendiri dengan memanfaatkan fitur-fitur interaktif. Dari perspektif pendidikan kebencanaan, e-book ini berkontribusi dalam meningkatkan literasi bencana generasi muda yang sangat penting mengingat Indonesia sebagai negara rawan bencana. Siswa yang memiliki pemahaman mendalam tentang mitigasi gempa bumi dan kemampuan berpikir kritis yang baik akan lebih siap menghadapi ancaman bencana dan dapat menjadi agen perubahan dalam membangun budaya sadar bencana di masyarakat. Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar: (1) guru mulai mengintegrasikan e-book dalam pembelajaran geografi khususnya materi kebencanaan dengan didukung oleh strategi pedagogi yang tepat; (2) pengembang media menambahkan fitur yang lebih advanced seperti augmented reality, gamifikasi, dan adaptive learning system untuk meningkatkan engagement dan personalisasi pembelajaran; (3) peneliti melanjutkan kajian dengan pendekatan mixed methods, sampel yang lebih luas, durasi yang lebih panjang, dan variabel terikat yang lebih beragam seperti self-efficacy, kesiapsiagaan bencana, dan retensi jangka panjang; serta (4) sekolah dan institusi pendidikan menyediakan infrastruktur digital yang memadai, fasilitasi pelatihan bagi guru, dan mengintegrasikan media digital dalam program sekolah siaga bencana untuk mendukung pemanfaatan teknologi pembelajaran secara optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. (2013). *Instrumen perangkat pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Arifin, Z., Nurtanto, M., & Priatna, A. (2023). Development of interactive digital learning media to improve students' critical thinking skills: A systematic literature review. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 124-145. <https://doi.org/10.3926/jotse.1456>
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Astuti, R., & Probosiwi, R. (2021). Analysis of critical thinking skills in disaster mitigation learning among senior high school students. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 65, 102563. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102563>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2020). *Pedoman umum penanggulangan bencana*. Jakarta: BNPB.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. New York: Springer.
- Brookfield, S. D. (2012). *Teaching for critical thinking: Tools and techniques to help students question their assumptions*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Dyah Nur Fauziah, & Anistyasari, Y. (2020). Studi literatur pengaruh implementasi media e-book terhadap motivasi belajar dan respon siswa pada pendidikan tinggi. *IT-Edu: Jurnal Information Technology and Education*, 5(1), 406-416. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/it-edu/article/view/37758>
- Ennis, R. H. (2018). Critical thinking across the curriculum: A vision. *Topoi*, 37(1), 165-184. <https://doi.org/10.1007/s11245-016-9401-4>
- Facione, P. A. (2020). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Millbrae, CA: Insight Assessment.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 25* (9th ed.). Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Ginting, F. W., Prasetyo, Z. K., & Wilujeng, I. (2021). The effectiveness of Android-based physics e-book to improve students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012086. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012086>
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (5th ed.). New York: Psychology Press.
- Handayani, T., Prasetyo, A. P. B., & Wiyanto, W. (2022). The development of interactive e-book for disaster education: A needs analysis study. *Journal of Physics: Conference Series*, 2193(1), 012078. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012078>
- Hidayat, K., Wahyudin, D., & Puspita, R. D. (2022). Keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran hybrid. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 1517-1528. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2265>
- Kelman, I. (2020). *Disaster by choice: How our actions turn natural hazards into catastrophes*. New York: Oxford University Press.
- Komalasari, K., & Saripudin, D. (2018). Pendidikan karakter berbasis kearifan lokal untuk kesiapsiagaan bencana. *Jurnal Pendidikan Karakter*, 9(1), 90-101. <https://doi.org/10.21831/jpk.v0i1.21154>
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.

- Munawwarah, M., Laili, N., & Tohir, M. (2020). Keterampilan berpikir kritis mahasiswa dalam memecahkan masalah matematika berdasarkan keterampilan abad 21. *Alifmatika: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, 2(1), 37-58. <https://doi.org/10.35316/alifmatika.2020.v2i1.37-58>
- Nurjanah, S., Rusilowati, A., & Sumarni, W. (2023). The effectiveness of problem-based learning media on disaster mitigation materials to improve students' critical thinking skills. *Journal of Educational Science and Technology*, 9(1), 45-58. <https://doi.org/10.26858/est.v9i1.38654>
- Oktaviani, N., Rahayu, S., & Sutarto, S. (2021). Disaster literacy education in Indonesia: Challenges and opportunities in the ring of fire region. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 12(4), 456-473. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-09-2020-0097>
- Puspita, D. A., & Rohayati, S. (2021). The impact of interactive e-books on students' learning motivation and critical thinking in geography education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(10), 112-127. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i10.21345>
- Rahayu, P., & Firmansyah, D. (2020). Conventional learning approaches in disaster education: Problems and solutions. *Journal of Geography Education*, 5(2), 87-101. <https://doi.org/10.15294/jge.v5i2.41234>
- Rahmawati, I., & Suryani, N. (2021). The effectiveness of multimedia-based learning media in improving students' understanding of earthquake disaster mitigation. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1245-1258. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1245>
- Retno Agung, & Indrajaya, A. (2020). Penentuan nilai percepatan tanah maksimum terhadap mitigasi gempabumi Kabupaten Pidie Jaya, Provinsi Aceh. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 17(1), 23-26. <https://doi.org/10.15294/jg.v17i1.22372>
- Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. In T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom* (pp. 355-369). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1159-4_20
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumarni, Bachri, S., Baidowi, A., & Aliman, M. (2020). Development of disaster mitigation literacy model in coastal area through project-based learning to improve students' disaster response. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 485(1), 012159. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/485/1/012159>
- Suwarni, E., Suherman, A., & Aeni, A. N. (2022). Interactive e-book for disaster education: Development and validation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(4), 567-578. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i4.37890>
- Widodo, A., & Wardani, K. (2020). From printed books to digital e-books: Are they truly interactive? An analysis of e-book features in Indonesian education. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 3(3), 234-251. <https://doi.org/10.31681/jetol.748305>
- Wisner, B., Gaillard, J. C., & Kelman, I. (2020). *Handbook of hazards and disaster risk reduction* (2nd ed.). London: Routledge.
- Wulandari, I. G. A. A., & Jatmiko, B. (2020). Pengaruh media e-book terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar IPA. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 380-389. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i3.23489>