

216/S/PM-KCBR/PK.03.08/29/JULI/2025

**RANCANG BANGUN APLIKASI BERBASIS *VIRTUAL*
REALITY "NETZERO" SEBAGAI MEDIA EDUKASI
PERUBAHAN IKLIM AKIBAT *UNMITIGATED CARBON*
EMISSIONS UNTUK SISWA SMA LABSCHOOL UPI CIBIRU**



SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Multimedia

Oleh:

Adji Nurdiman

2100952

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MULTIMEDIA
KAMPUS UPI DI CIBIRU
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

**RANCANG BANGUN APLIKASI BERBASIS *VIRTUAL*
REALITY "NETZERO" SEBAGAI MEDIA EDUKASI
PERUBAHAN IKLIM AKIBAT *UNMITIGATED CARBON*
EMISSIONS UNTUK SISWA SMA LABSCHOOL UPI CIBIRU**

Oleh:

Adji Nurdiman

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Multimedia

© Adji Nurdiman 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ADJI NURDIMAN

**RANCANG BANGUN APLIKASI BERBASIS *VIRTUAL REALITY*
"NETZERO" SEBAGAI MEDIA EDUKASI PERUBAHAN IKLIM
AKIBAT *UNMITIGATED CARBON EMISSIONS* UNTUK SISWA SMA
LABSCHOOL UPI CIBIRU**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Intan Permata Sari, S.St., M.Ds.

NIP. 920171219900606201

Pembimbing II



Agus Juhana, S.Pd., M.T.

NIP. 920230219940805101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Multimedia



Nurhidayatulloh, S.Pd., M.T.

NIP. 920230219890404101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adji Nurdiman

NIM : 2100952

Program Studi : Pendidikan Multimedia

Judul Karya : Rancang Bangun Aplikasi berbasis *Virtual Reality*
"Netzero" sebagai Media Edukasi Perubahan Iklim akibat
Unmitigated Carbon Emissions untuk Siswa SMA
Labschool UPI Cibiru

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, 23 Juni 2025



Tanda tangan: _____

Adji Nurdiman

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Aplikasi berbasis *Virtual Reality* "Netzero" sebagai Media Edukasi Perubahan Iklim akibat *Unmitigated Carbon Emissions* untuk Siswa SMA Labschool UPI Cibiru” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Multimedia, Kampus UPI di Cibiru.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Raden Nurdiana Laela dan Bapak Tatang Suherman selaku kedua orang tua yang selalu memberikan dorongan dan dukungan tanpa henti baik secara moral maupun material.
2. Nita Seti Krisdianti, Faerul Salamun, Naufal Gingin Ramadhan, dan Satria Dinata selaku adik dan kakak yang selalu mendukung selama perkuliahan berlangsung.
3. Prof. Dr. Karim Suryadi, M.Si. selaku Direktur Kampus Universitas Pendidikan Indonesia di Cibiru.
4. Ibu Intan Permata Sari, S.St., M.Ds. dan bapak Agus Juhana, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dengan memberikan masukan, arahan, semangat, dan motivasi, sehingga penelitian ini dapat selesai dengan tepat waktu.
5. Bapak Nurhidayatulloh, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Pendidikan Multimedia Kampus UPI di Cibiru.
6. Ibu Dian Rinjani, S.Pd., M.Ds., Ibu Maya Purnama Sari, S.Pd., M.Ds., Ibu Ayung Candra Padmasari S.Pd., M.T., Bapak Feri Hidayatullah Firmansyah, S.Pd., M.MT. selaku dosen Program Studi Pendidikan Multimedia yang telah memberikan ilmu baik secara materi maupun pengalaman yang diceritakan. Banyak sekali hal-hal yang bisa saya ambil sekaligus dijadikan pembelajaran

dalam melanjutkan kehidupan setelah kuliah.

7. Malik Fathurrahman, Ahmad Fauzan, Ferdinan dan Moch. lucky selaku abang-abangan yang selalu memberikan arahan dan motivasi dalam menjalani perkuliahan
8. Laura Anggelika, yang senantiasa hadir dengan dukungan, semangat, dan perhatian dalam setiap proses penyusunan skripsi. Dalam perjalanan penuh lika-liku, lura selalu menjadi tempat bersandar, pendengar setia setiap keluhan-kesah dan juga menjadi penolong dalam pengerjaan skripsi saya. Kehadirannya tak hanya membantu, tapi juga menguatkan dalam hal-hal kecil maupun besar yang saya jalani.
9. Kabinet Bringka merupakan group yang terdiri dari teman-teman angkatan 20 dan 21 pgsd, tekkom, rpl dan multimedia yang selalu menghibur, memberikan motivasi, dorongan dalam pengerjaan skripsi.
10. Teman-teman magang United Tractors yang selalu memberikan motivasi, pengalaman, pembelajaran yang baru, dan juga cerita berbagai daerah maupun universitas.
11. Dimas, Aditya, Ahmad Ikhlasul, Ahmad Wisnu, Awaldi, Ilham, dan Batang Aksata lainnya yang telah memberikan sebuah perjalanan baik senang maupun susah, tidak peduli betapa sulit ataupun jalan yang akan ditempuh karena akan kita lewati bersama.
12. Aksata Cipta yang telah bersama melalui perkuliahan selama 4 tahun, diawali dari orang-orang yang asing hingga menjadi orang-orang yang tidak dapat dipisahkan dalam satu kesatuan yaitu “aksata cipta”.
13. Ibu risa Meidawati selaku guru SMA Labschool yang telah membantu dan memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian di SMA Labschool UPI Cibiru.
14. Bapak Dr. Dadi Mulyadi, S.Pd., M.T., Hendriyana, S.T., M.Kom., Dr. Eki Nugraha, S.Pd., M.Kom., Ibu Risa Meidawati, S.Pd., Ai Nurlaelasari Rusmana, M.Ed., Dewi Susanti, M.Pd. yang telah bersedia menjadi validator ahli media dan materi.
15. Abdul Aziz Arrohman, Syifa Salsabila Silviani, Adistya Pramaresa Katamsi,

Kurniawan Kaka Dwi Sukardi, Kanya Khansa Tsabita, Indra Komara, Aldi Dwiky Haryadi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian di SMA Labschool UPI di Cibiru.

16. Moh. Lucky Winandar yang telah membantu dalam penulisan, baik memberikan saran, masukan, dan perbaikan yang tidak sesuai dalam penulisan ataupun penelitian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Pendidikan Multimedia.

Bandung, 23 Juni 2025

Penulis,



Adj Nurdiman

**RANCANG BANGUN APLIKASI BERBASIS *VIRTUAL REALITY*
"NETZERO" SEBAGAI MEDIA EDUKASI PERUBAHAN IKLIM
AKIBAT *UNMITIGATED CARBON EMISSIONS* UNTUK SISWA SMA
LABSCHOOL UPI CIBIRU**

Adji Nurdiman

2100952

ABSTRAK

Kegiatan yang dilakukan oleh manusia menjadi salah satu penyebab dari perubahan iklim, seperti penggunaan bahan bakar fosil, penggunaan energi berlebihan, pengelolaan sampah yang tidak optimal dan lainnya. Penyebab dari perubahan iklim telah memberikan dampak negatif pada masyarakat, seperti kasus demam berdarah pada beberapa daerah di Indonesia, kenaikan permukaan air laut, penurunan produksi padi, dan kenaikan suhu permukaan bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media edukasi berbasis *virtual reality* yang digunakan dalam pembelajaran biologi materi perubahan iklim kelas X SMA dengan model *incremental*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Software Development Life Cycle* (SDLC) dengan tahapan *communication*, *planning*, *modeling*, *construction*, dan *deployment*. Tahap implementasi dilakukan dengan subjek penelitian sebanyak 72 sampel siswa kelas X SMA Labschool UPI Cibiru. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan angket yang disebar dan dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media edukasi berbasis *virtual reality* layak digunakan berdasarkan hasil *internal testing* 93%, validasi ahli materi 90,74% dan validasi ahli media 97,56% dengan beberapa catatan revisi untuk penyesuaian media. Selain itu instrumen SUS dan respon siswa yang digunakan dalam *testing* yang dilakukan kepada siswa mendapatkan hasil 70,52% pada skor SUS yang menunjukkan bahwa media dapat diterima "*acceptable*", mendapatkan *grade* "C", dan dapat dikategorikan "*good*". Respon siswa mendapatkan hasil 81,11% dengan aspek kemudahan penggunaan, kemenarikan desain, dan kebermanfaatan yang dapat dikategorikan layak digunakan.

Kata Kunci: Biologi, Media Edukasi, Perubahan Iklim, Sekolah Menengah Atas, *Virtual reality*

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF 'NETZERO' VIRTUAL REALITY
APPLICATION AS A CLIMATE CHANGE EDUCATIONAL MEDIA ON
THE IMPACT OF UNMITIGATED CARBON EMISSIONS FOR HIGH
SCHOOL STUDENTS AT LABSCHOOL UPI CIBIRU**

Adji Nurdiman

2100952

ABSTRACT

Human activities are one of the causes of climate change, such as the use of fossil fuels, excessive energy consumption, suboptimal waste management, and others. The causes of climate change have had a negative impact on society, such as cases of dengue fever in several regions in Indonesia, rising sea levels, declining rice production, and rising global temperatures. This study aims to develop a virtual reality-based educational medium used in teaching biology material on climate change for 10th grade high school students using an incremental model. The research method used is the Software Development Life Cycle (SDLC) with the following stages: communication, planning, modeling, construction, and deployment. The implementation stage was carried out with 72 samples of 10th grade high school students from Labschool UPI Cibiru as research subjects. Data collection was conducted through interviews and questionnaires distributed and analyzed using descriptive qualitative and quantitative methods. The research results indicate that the virtual reality-based educational media is suitable for use based on internal testing of 93%, expert content validation of 90.74% and expert media validation of 97.56%, with some revision notes for media adjustments. Additionally, the SUS instrument and student responses used in the testing conducted on students yielded a SUS score of 70.52%, indicating that the media is “acceptable,” receiving a grade of “C,” and can be categorized as “good”. Student responses yielded a result of 81.11% in terms of ease of use, design appeal, and usefulness, which can be categorized as suitable for use.

Keywords: *Biology, Climate Change, Educational Media, High School, Virtual reality*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Media Edukasi	6
2.1.2 Peran Media Edukasi Dalam Pembelajaran Perubahan Iklim	6
2.2 <i>Virtual Reality</i>	7
2.2.1 Konsep Dasar <i>Virtual Reality</i>	7
2.2.2 Pengalaman Penggunaan <i>Virtual Reality</i>	7
2.2.3 Pengaruh <i>Virtual Reality</i> pada Media Edukasi	11
2.3 Perubahan Iklim	12
2.3.1 Definisi Perubahan Iklim	12
2.3.2 Faktor Penyebab Perubahan Iklim	12
2.3.3 Emisi Karbon	13
2.3.4 Mitigasi Perubahan Iklim	13
2.4 Target Pengguna	14
2.4.1 Pertimbangan Pemilihan Siswa SMA	14
2.4.2 Kurikulum	15
2.4.3 Karakteristik Siswa SMA	16

2.5 Kerangka Teori dan Konsep.....	16
2.6 Penelitian Sebelumnya yang Relevan	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Desain Penelitian.....	20
3.1.1 <i>Communication</i>	22
3.1.2 <i>Planning</i>	22
3.1.3 <i>Modeling</i>	25
3.1.4 <i>Construction</i>	26
3.1.5 <i>Deployment</i>	26
3.2 Jenis Penelitian.....	28
3.2.1 Populasi dan Sampel	28
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.3.1 Analisis Kualitatif	29
3.3.2 Analisis Kuantitatif	30
3.4 Prosedur Analisis Data.....	31
3.5 Instrumen Penelitian.....	31
3.5.1 Instrumen Wawancara Guru	31
3.5.2 Instrumen Wawancara Siswa	32
3.5.4 Instrumen Validasi	33
3.6 Analisis Data	38
3.6.1 Analisis Data Validasi.....	39
3.6.2 Analisis Data Siswa.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 <i>Communication</i>	42
4.1.1 Observasi Awal	42
4.1.2 Penyusunan Garis Besar Program Media.....	49
4.2 <i>Planning</i>	52
4.2.1 Pembuatan <i>Flowchart</i>	52
4.2.2 Perancangan <i>Storyline</i>	56
4.2.3 Pembuatan Moodboard dan Logo	57
4.2.4 Perencanaan Penanggulangan <i>Cyber Sickness</i>	59
4.2.5 Penggunaan Rumus PLTS dan PLTB.....	62
4.3 <i>Modeling</i>	63
4.3.1 Pembuatan Sketsa.....	63

4.3.2 Pembuatan Aset.....	64
4.3.3 Perancangan <i>Canvas Virtual reality</i>	67
4.4 <i>Construction</i>	69
4.4.1 Pembuatan Media Edukasi NetZero Explorer.....	69
4.4.2 Implementasi Sistem	85
4.4.3 Spesifikasi Perancangan <i>Game</i>	93
4.5 <i>Deployment</i>	95
4.5.1 <i>Internal Testing</i>	95
4.5.2 Validasi Ahli Media	97
4.5.3 Validasi Ahli Materi.....	100
4.5.4 Penilaian <i>System Usability Scale</i>	103
4.5.5 Penilaian Hasil Respon Siswa	106
4.5.6 Tahapan Evaluasi	108
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	112
5.1 Simpulan	112
5.2 Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN.....	123

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Kebutuhan <i>Device</i>	23
Tabel 3.2 Tabel <i>Testing</i>	30
Tabel 3.3 Instrumen Wawancara Guru	32
Tabel 3.4 Instrumen Wawancara Siswa	33
Tabel 3. 5 Instrumen <i>Internal Testing</i>	34
Tabel 3.6 Instrumen Validasi Media	35
Tabel 3.7 Instrumen Validasi Materi	36
Tabel 3.8 Instrumen <i>System Usability Scale</i>	37
Tabel 3.9 Instrumen Respon Siswa.....	38
Tabel 3.10 Skala Likert.....	39
Tabel 3.11 Kriteria Persentasi Kelayakan	39
Tabel 3.12 <i>Adjective Ratings</i>	41
Tabel 4. 1 Observasi Wawancara Bersama DLH.....	43
Tabel 4. 2 Observasi Wawancara Guru.....	46
Tabel 4. 3 Garis-Garis Besar Program Media.....	50
Tabel 4. 4 Materi Media.....	51
Tabel 4.5 Perancangan <i>Canvas Virtual reality</i>	68
Tabel 4.6 Navigasi	94
Tabel 4. 7 <i>Internal Testing</i>	95
Tabel 4.8 Identitas Validator Ahli.....	97
Tabel 4.9 Hasil Validasi Ahli Media.....	98
Tabel 4.10 Hasil Perbaikan Validasi Ahli Media.....	99
Tabel 4.11 Hasil Validasi Ahli Materi	101
Tabel 4. 12 Hasil Perbaikan Validasi Ahli Materi	101
Tabel 4.13 Penilaian <i>System Usability Scale</i>	103
Tabel 4.14 Hasil Respon Siswa.....	106
Tabel 4.15 Saran dan Masukkan Siswa.....	109
Tabel 4.16 Versi Instrumen Sesudah dan Sebelum Revisi	110

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ASEAN	<i>Association of Southeast Asian Nations</i>	1
GRK	Gas Rumah Kaca	1
DLH	Dinas Lingkungan Hidup	1
VR	<i>Virtual Reality</i>	3
SMA	Sekolah Menengah Atas	3
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	5
PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/ Angin	5
FoV	Field of View	8
HMD	<i>Head Mounted Display</i>	8
FPS	Frame Per Second	9
Kemendikbudristek	Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi	15
BSKAP	melalui Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan	15
SDLC	<i>System Development Life Cycle</i>	20
2D	2 Dimensi	23
3D	3 Dimensi	23
UI	<i>User Interface</i>	24
UX	<i>User Experience</i>	24
SUS	<i>System Usability Scale</i>	27
GBPM	Garis Besar Program Media	49
TPS	Tempat Pembuangan Sementara	51
LORI	<i>Learning Object Review Instrument</i>	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tahapan <i>System Development Life Cycle Model Incremental</i>	21
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	21
Gambar 3.3 <i>Adjective Ratings</i>	41
Gambar 4. 1 Tahapan <i>Incremental</i>	42
Gambar 4. 2 Observasi DLH Jawa Barat	43
Gambar 4. 3 Observasi Wawancara Guru.....	45
Gambar 4. 4 Diagram Batang Hasil Observasi Awal Siswa.....	47
Gambar 4. 5 <i>Flowchart</i> Menu Utama	52
Gambar 4.6 <i>Flowchart</i> Area Rumah.....	53
Gambar 4.7 <i>Flowchart</i> Area PLTS	54
Gambar 4.8 <i>Flowchart</i> Area PLTB.....	54
Gambar 4. 9 <i>Flowchart</i> Area Transportasi	54
Gambar 4.10 <i>Flowchart</i> Area TPS	55
Gambar 4.11 <i>Flowchart</i> Area Museum	55
Gambar 4. 12 <i>Map Smallcity</i>	56
Gambar 4. 13 <i>Mood Board</i>	57
Gambar 4. 14 <i>Font Poppins</i>	58
Gambar 4. 15 <i>Font Zen Dots</i>	58
Gambar 4.16 Logo Aplikasi.....	58
Gambar 4. 17 <i>Locomotion Teleport</i>	60
Gambar 4. 18 Statistik pada Unity	60
Gambar 4. 19 Pembuatan Sketsa 3D	64
Gambar 4.20 3D <i>Virtual Reality</i>	65
Gambar 4.21 3D Aset Panduan Interaksi	66
Gambar 4.22 3D Aset Icon Pendukung	67
Gambar 4.23 3D Panduan Penggunaan	67
Gambar 4.24 Membuat <i>Project</i> Baru di Unity	70
Gambar 4.25 Install XR <i>Plugin</i> Management	70
Gambar 4.26 Folder <i>Virtual reality</i>	71
Gambar 4. 27 Tampilan Utama NetZero.....	71
Gambar 4. 28 Menu <i>Canvas Main Scene</i>	72
Gambar 4. 29 Fitur Simulasi <i>Main Scene</i>	72

Gambar 4. 30 Area Taman <i>Small City</i>	73
Gambar 4. 31 Menu <i>Canvas</i> Area Taman.....	73
Gambar 4. 32 Area TPS <i>Small City</i>	74
Gambar 4. 33 Menu <i>Canvas</i> Area TPS.....	74
Gambar 4. 34 Fitur Simulasi Area TPS	74
Gambar 4. 35 Area Rumah <i>Small City</i>	75
Gambar 4. 36 Menu <i>Canvas</i> Area Rumah	75
Gambar 4. 37 Fitur Simulasi Area Rumah.....	76
Gambar 4. 38 Area PLTS <i>Small City</i>	76
Gambar 4. 39 Menu <i>Canvas</i> Area PLTS	77
Gambar 4. 40 Fitur Simulasi Area PLTS	77
Gambar 4. 41 Fitur Interaksi Komponen Area PLTS	78
Gambar 4. 42 Area PLTB <i>Small City</i>	78
Gambar 4. 43 Menu <i>Canvas</i> Area PLTB	79
Gambar 4. 44 Fitur Simulasi Area PLTB	79
Gambar 4. 45 Fitur Interaksi Komponen Area PLTB.....	80
Gambar 4. 46 Area Tranportasi <i>Small City</i>	80
Gambar 4. 47 Menu <i>Canvas</i> Area Transportasi.....	81
Gambar 4. 48 Fitur Interaksi Komponen Area Transportasi.....	81
Gambar 4. 49 Area Pabrik <i>Small City</i>	82
Gambar 4. 50 Menu <i>Canvas</i> Area Pabrik	82
Gambar 4. 51 Area Museum <i>Small City</i>	83
Gambar 4. 52 Fitur Simulasi Kutub Utara	83
Gambar 4. 53 Fitur Simulasi Museum	83
Gambar 4. 54 Panduan Interaksi Setiap Area	84
Gambar 4. 55 Hasil Misi Selesai.....	84
Gambar 4. 56 Psuecode Main Scene.....	86
Gambar 4. 57 Hasil Kode <i>Main Scene</i>	87
Gambar 4. 58 Pseucode Navigasi <i>User</i>	87
Gambar 4. 59 Hasil Kode Navigasi <i>User</i>	88
Gambar 4. 60 Pseucode Perhitungan PLTS	88
Gambar 4.61 Pseucode Perhitungan PLTB.....	89
Gambar 4. 62 Hasil Kode PLTS dan PLTB.....	89
Gambar 4.63 Pseucode <i>Home</i>	90

Gambar 4. 64 Hasil Kode <i>Home</i>	90
Gambar 4.65 Psuecode Perhitungan Transportasi	91
Gambar 4. 66 Hasil Kode Transportasi.....	91
Gambar 4.67 Pseucode Museum.....	92
Gambar 4. 68 Hasil Kode Museum.....	92
Gambar 4.69 <i>Environment 3D</i>	93
Gambar 4.70 <i>First-Person View</i>	93
Gambar 4. 71 Navigasi.....	94
Gambar 4. 72 Status Statistik.....	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Surat Penetapan Dosen Pembimbing.....	123
Lampiran 2 : Observasi Dinas Lingkungan Hidup Jawa Barat.....	124
Lampiran 3 : Observasi Awal SMA Labschool UPI CIBIRU	124
Lampiran 4 : <i>Internal Testing</i>	125
Lampiran 5 : Validasi Instrumen	125
Lampiran 6 : Pelatihan <i>Virtual Reality</i>	126
Lampiran 7 : Penelitian Uji Respon Siswa	126
Lampiran 8 : Surat Balasan Penelitian	127
Lampiran 9 : Pelatihan <i>Virtual Reality</i>	128
Lampiran 10 : Instrumen SUS.....	130
Lampiran 11 : Instrumen Respon Siswa	132
Lampiran 12 : Instrumen Validasi Ahli	134
Lampiran 13 : LKPD.....	138
Lampiran 14 : Observasi	143
Lampiran 15 : Buku Kegiatan Bimbingan	144
Lampiran 16: Hasil Plagiarisme.....	150
Lampiran 17: Manual Book	151
Lampiran 18: Turnitin AI.....	166
Lampiran 19: HKI.....	167

DAFTAR PUSTAKA

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Abeydeera, L. H. U. W., Mesthrige, J. W., & Samarasinghalage, T. I. (2019). Global research on carbon emissions: A scientometric review. Dalam *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Nomor 14). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su11143972>
- Adams, S., & Acheampong, A. O. (2019). Reducing carbon emissions: The role of renewable energy and democracy. *Journal of Cleaner Production*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118245>
- Alberola-Mulet, I., Iglesias-Martínez, M. J., & Lozano-Cabezas, I. (2021). Teachers' beliefs about the role of digital educational resources in educational practice: a qualitative study. *Education Sciences*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/educsci11050239>
- Alvendri, D., Huda, Y., Darni, R., Negeri Padang, U., Hamka, J., Tawar Bar, A., Padang Utara, K., Padang, K., & Barat, S. (2023). Perancangan Media Pembelajaran Interaktif Konsep Dasar Seluler Menggunakan Aplikasi Unity Berbasis Android. *Journal on Education*, 05(04).
- Amelia Ayu, D. P., Laila, A., Fahmi Imron, I., & Nusantara PGRI Kediri, U. (2023). *Analisis Kebutuhan Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Macromedia Flash 8 Materi IPA SD*.
- Amouzgar, K., & Willebrand, J. (2025). A novel XR-based real-time machine interaction system for Industry 4.0: Usability evaluation in a learning factory. *Journal of Manufacturing Systems*, 82, 254–283. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2025.05.019>
- Arwan, J. F. A. (2022). The Urgency of Climate Change-Based Education For Sustainable Development. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Lingkungan dan Pembangunan*, 22(02), 23–38. <https://doi.org/10.21009/plpb.222.03>
- Ayuka, F., Pradana, P., Universitas, M., & Wacana, K. S. (2021). Pengembangan Instrumen Penilaian Sikap Disiplin Menggunakan Skala Likert Dalam Pembelajaran Tematik Kelas Iv Sd. Dalam *Jurnal Pendidikan Dasar* (Vol. 5, Nomor 1). <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/fondatia>
- Azhura, P. D., Mustikasari, A., Laily, C. A. N., Mahardika, I. K., Firdha, Y., Dwi, Firdausi, S., & Astuti, S. R. (2024). *The Role of Learning Media in Educational Components to Enhance Students*. 7(December), 213–219.
- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. Dalam *Journal of Usability Studies* (Vol. 4).
- Berkman, M. I., & Akan, E. (2019). Presence and Immersion in Virtual Reality. *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*, 1–10. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_162-1
- Besalti, M., & Smith, G. G. (2024). High School Students' Motivation to Learn

- Climate Change Science through Educational Computer Games. *Simulation & Gaming, Volume 55*,.
- Bryson, S. (2013). *Virtual Reality: A Definition History - A Personal Essay*. 1–6. <http://arxiv.org/abs/1312.4322>
- Candra, P. S., Ulfah Arini, D., Yuntina, L., & Panatap Soehaditama, J. (2024). *Konsep Penelitian Kuantitatif: Populasi, Sampel, dan Analisis Data (Sebuah Tinjauan Pustaka)*. <https://doi.org/10.38035/jim.v3i1>
- Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Gámez Zerban, A., & Göbel, S. (2021). Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook. *Virtual Reality*, 25(4), 1153–1170. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00513-6>
- Chang, E., Kim, H. T., & Yoo, B. (2020). Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1658–1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- Chaudhari, N., & Kashyap, R. (2024). Study on SDLC for Development of Resource Management Group System. Dalam *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends* (Vol. 10).
- Cho, Y., & Park, K. S. (2023). Designing Immersive Virtual Reality Simulation for Environmental Science Education. *Electronics (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/electronics12020315>
- Choirunnisa, N., & Windiani. (2024). *Peran Komunitas Lokal Dalam Strategi Adaptasi dan Pengembangan Mitigasi Perubahan Iklim (Studi Kasus di Daerah Pesisir Kenjeran, Kota Surabaya)*.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design*.
- Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Solazzo, E., Monforti-Ferrario, F., Olivier, J. G. J., & Vignati, E. (2020). Fossil CO2 emissions of all world countries. Dalam *Luxembourg: European Commission*, . <https://doi.org/10.2760/56420>
- Devi, F. D., & Eko, H. (2017). *Pembelajaran Materi Perubahan Iklim dengan Model Guided Inquiry Menggunakan Pendekatan Socio Scientific Issues (SSI) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA*. 03(01), 2588–2593.
- Dewi, Y. L. R. (2012). *Perubahan Iklim Dan Potensi Gangguan Kesehatan Di Indonesia*.
- Duzmanska, N., Strojny, P., & Strojny, A. (2018). Can simulator sickness be avoided? A review on temporal aspects of simulator sickness. Dalam *Frontiers in Psychology* (Vol. 9, Nomor NOV). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02132>
- Efendi, M. H., & Kristiana, N. (2024). Analisis Peran Tipografi Pada Taman Kota Di Surabaya. Dalam *Jurnal Barik* (Vol. 6, Nomor 1). <https://journal.unesa.ac.id/index.php/JDKV/>
- Ernawati, I. (2017). Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pelajaran Administrasi Server. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 2(2), 204–210. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17315>
- Fakana, S. T. (2020). Causes of Climate Change: Review Article. *Global Journal*

- of Science Frontier Research : H Environment & Earth Science*, 1(June), 20.
- Farooq, M. U., Shahzad, U., Sarwar, S., & Zaijun, L. (2019). The impact of carbon emission and forest activities on health outcomes: Empirical evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(13), 12894–12906. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04779-x>
- Fauville, G., Queiroz, A. C. M., & Bailenson, J. N. (2020). Virtual reality as a promising tool to promote climate change awareness. Dalam *Technology and Health* (hlm. 91–108). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816958-2.00005-8>
- Febiola, A., Syamswisna, S., & Tenriawaru, A. B. (2022). Validitas Multimedia Interaktif Lectora Inspire pada Submateri Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati Berbasis Tumbuhan Kerajinan. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 445. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4821>
- Feng, X. F., & Qian, C. (2024). Detection, attribution and projection of changes in the extreme temperature range in the Northern Hemisphere. *Advances in Climate Change Research*, 15(6), 989–1002. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2024.10.006>
- Fisika, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2021). *A I Agustus Millealab Media Pembelajaran Fisika Berbasis Virtual Reality untuk Mengajarkan Topik Pemanasan Global A I Agustus*.
- Freina, L., & Ott, M. (2015). a Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives. Dalam *11th International Conference eLearning and Software for Education* (Vol. 1, hlm. 133–141). academia.edu. <https://doi.org/10.12753/2066-026x-15-020>
- Gao, P., Yue, S., & Chen, H. (2021). Carbon Emission Efficiency of China's Industry Sectors: From the Perspective of Embodied Carbon Emissions. *Journal of Cleaner Production*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124655>
- Geris, A., Cukurbasi, B., Kilinc, M., & Teke, O. (2024). Balancing performance and comfort in virtual reality: A study of FPS, latency, and batch values. *Software - Practice and Experience*, 54(12), 2336–2348. <https://doi.org/10.1002/spe.3356>
- Handoko, E. Y., Yuwono, & Ariani, R. (2018). Analisis Kenaikan Muka Air Laut Indonesia Tahun 1993-2018 Menggunakan Data Altimetri. *Geoid*, 15(1), 58–64.
- Hendrika, A., Theresia, C., & Yogasara, T. (2020). Cybersickness Testing Of Gender And Experience Factors Using Virtual Reality. Dalam *International Journal of Engineering* (Vol. 2, Nomor 2).
- Hossan, D., Dato' Mansor, Z., & Jaharuddin, N. S. (2023). Research Population and Sampling in Quantitative Study. Dalam *International Journal of Business and Technopreneurship* (Vol. 13, Nomor 3).
- Ibda, F. (2015). Perkembangan Kognitif: Teori Jean Piaget. *Intelektualita*, 3(1), 242904.
- Ibourk, A., Wagner, L., & Zogheib, K. (2024). Developing Elementary Teachers' Climate Change Knowledge and Self-efficacy for Teaching Climate Change Using Learning Technologies. *Journal of Science Education and Technology*,

- 504–520. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10187-9>
- Imam, F., Suryani, M., Puteri, F. P., & Nugraha, F. S. (2017). Pengembangan dan Usability Testing Aplikasi Semi-Immersive Virtual Reality untuk Pembelajaran Sejarah. *SNIA (Seminar ..., September 2017)*, 32–36. <http://snia.unjani.ac.id/web/index.php/snia/article/view/3>
- Ipa, P., & Gorontalo, U. N. (2023). *Analisis karakteristik gaya belajar siswa kelas xi ips sma negeri 1 suwawa*. 479–484.
- Irma, M. F., & Gusmira, E. (2024). Tingginya Kenaikan Suhu Akibat Peningkatan Emisi Gas Rumah Kaca Di Indonesia. Dalam *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan* (Vol. 2, Nomor 1). <https://doi.org/10.30631/jssit.v2i1.49>
- Junarto, R. (2023). Mitigasi Perubahan Iklim dan Dampak Pengelolaan Sumber Daya Agraria: Wawasan dari Indonesia. *Tunas Agraria*, 6(3), 237–254. <https://doi.org/10.31292/jta.v6i3.219>
- Karim, S. A. (2024). Climate Change and Its Impact on the Increase in Dengue Hemorrhagic Fever Cases in North Maluku Province (Case Study in Tidore Islands City). *Ilomata International Journal of Social Science*, 5(1), 176–189. <https://doi.org/10.52728/ijss.v5i1.1084>
- Khomariyah, A. N., Arif, Y. M., Nugroho, F., & Karami, A. F. (2024). Evaluasi Usability Pada Simulasi Virtual Reality Perawatan Luka. *Jurnal Informatika dan Teknologi Pendidikan*, 4(1). <https://doi.org/10.25008/jitp.v4i1.74>
- Kleinogel, E., Schmid Mast, M., Renier, L., Bachmann, M., & Brosch, T. (2023). *Immersive virtual reality helps to promote pro-environmental norms, attitudes and behavioural strategies*. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100105i>
- Krejcie, R. V, & Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size For Research Activities. Dalam *Educational And Psychological Measurement* (Vol. 30).
- Lee, A. Y. L. (2010). Media education: Definitions, approaches and development around the globe. *New Horizons in Education*, 58(3), 1.
- Lege, R., & Bonner, E. (2020). Virtual reality in education: The promise, progress, and challenge. *JALT CALL Journal*, 16(3), 167–180. <https://doi.org/10.29140/jaltcall.v16n3.388>
- Lewis, J. R. (2018). *Item Benchmarks for the System Usability Scale*. <https://www.researchgate.net/publication/330225055>
- Maizara, R., Zakianis, & Pelawi, C. A. (2024). Intervensi Pengurangan Polusi Udara dari Sumber Bergerak dan Tidak Bergerak Berbagai Negara di Dunia : Systematic Review. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*, 7(5), 1108–1119. <https://doi.org/10.56338/mppki.v7i5.4935>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60(November), 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Mantulenko, V. (2020). Essential characteristics and types of digital media in the educational context. *Journal of Physics: Conference Series*, 1691(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012110>
- Mardiana, & Emmiyati. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka Dalam Pembelajaran: Evaluasi Dan Pembaruan. *Kalamuna: Jurnal Pendidikan Bahasa Arab dan Kebahasaaraban*, 4(2), 207–232.

<https://doi.org/10.52593/klm.04.2.07>

- Maskana, N., Sriwijaya, U., Silvhiyany, S., Sriwijaya, U., Mirizon, S., & Sriwijaya, U. (2024). *Unlocking the Needs to Design Audiovisual Media to Incorporate Climate Change Education in ELT*. 8(1), 106–128.
- Mawarti, I., & Mutmainnah, M. (2020). *Analisis Tingkat Ketangguhan Remaja Di Sma N5 Kota Analysis Of Adolescent Resilience Among Studen's Senior High School, In Jambi*.
- Mchugh, N. (2019). *Measuring and Minimizing Cybersickness in Virtual Reality*.
- Migunani. (2022). *Rekayasa Perangkat Lunak*.
- Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4), 2897–2913. [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(21\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(21))
- Milenkova, V., & Nakova, A. (2023). Personality Development and Behavior in Adolescence: Characteristics and Dimensions. *Societies*, 13(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/soc13060148>
- Mirza, M. I. M. (2022). *Efektifitas Implementasi Tipografi dalam Desain Grafis Berdasarkan Perspektif Hak Kekayaan Intelektual (HAKI) di Indonesia*.
- Mishra, R. K., Pandey, A., Pandey, G., & Kumar, A. (2019). The effect of odd-even driving scheme on PM 2.5 and PM 1.0 emission. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, 541–552. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.01.005>
- Moustafa, K. (2024). *Actions to mitigate climate change*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Mume, A. A., Turyasingura, B., Abdi, E., Umer, Y., Amanzi, L. N., Uwimbabazi, A., Ndeke, C., Bosco, N. J., & Chavula, P. (2024). Impact of Climate Change on the Environment: A Synthesis Study. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 10(2), 86–96. <https://doi.org/10.9734/ajraf/2024/v10i2288>
- Negi, S. K. (2024). Exploring the impact of virtual reality and augmented reality technologies in sustainability education on green energy and sustainability behavioral change: A qualitative analysis. Dalam *Procedia Computer Science* (Vol. 236, hlm. 550–557). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.065>
- Nesbit, J., Belfer, K., & Leacock, T. (2009). *Learning Object Review Instrument (LORI)*.
- Nichols, S., & Patel, H. (2002). Health and safety implications of virtual reality: A review of empirical evidence. *Applied Ergonomics*, 33(3), 251–271. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00020-0)
- Normilawati. (2024). Pengaruh Teknologi Digital dalam Proses Pembelajaran di SMA. *Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 3(3), 84–91. <https://ejournal.warunayama.org/index.php/sindorocendikiapendidikan/article/view/2131>
- Novita, N., & Sari, S. Y. (2023). Analisis Kebutuhan Pengembangan E-Modul Perubahan Iklim dan Pemanasan Global Terintegrasi Model Project Based Learning (PjBL). *YASIN*, 3(5). <https://doi.org/10.58578/yasin.v3i5.1961>
- Nurshakilah, H. (2022). The Role Of The Teacher In The Development Of Learning Media In The Era Of Communication And Information Technology. *the*

- Cultivation of Morality and Discipline Character in the World of Education*, 1(2), 29–34.
- Nursofa, R., & Ghullam, H. (2021). Analisis Ketersediaan Dan Gambaran Media Pembelajaran Isu Perubahan Iklim Berbasis Esd Di Sekolah Dasar. *Journal of Elementary Education*, 04(05), 5.
- Padmasari, A. C., Hernawan, A. H., Rostika, D., & Wahyuningsih, Y. (2021). Usability testing of digital map application using hand gesture recognition as a historical learning media for elementary school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1987(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1987/1/012010>
- Palmisano, S., & Constable, R. (2022). Reductions in sickness with repeated exposure to HMD-based virtual reality appear to be game-specific. *Virtual Reality*, 26(4), 1373–1389. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00634-6>
- Petri, K., Feuerstein, K., Folster, S., Bariszlovich, F., & Witte, K. (2020). Effects of Age, Gender, Familiarity with the Content, and Exposure Time on Cybersickness in Immersive Head-mounted Display Based Virtual Reality. *American Journal of Biomedical Sciences*, 107–121. <https://doi.org/10.5099/aj200200107>
- Pressman, R. S. (2009). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. www.mhhe.com/pressman.
- Prinadi, A. N., Sarungu, J. J., Suryantoro, A., & Gravitiani, E. (2022). Dampak Pertumbuhan Ekonomi, Nilai Tambah Industri, dan Populasi Terhadap Emisi Karbon Dioksida di Kawasan ASEAN. *Prosding Nasional 2022, 2015*, 6–15.
- Prithul, A., Adhanom, I. B., & Folmer, E. (2021). Teleportation in Virtual Reality; A Mini-Review. Dalam *Frontiers in Virtual Reality* (Vol. 2). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.730792>
- Purnamasari, S. A., Heryana, N., & Prihandani, K. (2021). Perbandingan Penggunaan System Usability Scale dan Usefull, Satisfaction and Ease of Use Questionnaire pada Usability Testing. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 6(1), 59–69. <https://doi.org/10.35316/jimi.v6i1.1236>
- Qu, C., Dong, J., & Wang, W. (2025). Bibliometric analyses of factors influencing color preferences in urban environmental spaces. *Frontiers in Psychology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1588644>
- Queiroz, A. C. M., Fauville, G., Abeles, A. T., Levett, A., & Bailenson, J. N. (2023). The Efficacy of Virtual Reality in Climate Change Education Increases with Amount of Body Movement and Message Specificity. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15075814>
- Rahmani, Z., & Ahmadi, J. (2024). The impact of human activities on climate change. *Sprin Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*, 2387, 24–27. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4877268>
- Raksanagara, A. S., Arisanti, N., & Rinawan, F. (2015). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kejadian Demam berdarah di Jawa Barat. Dalam 43 JSK (Vol. 1).
- Rojas-Sánchez, M. A., Palos-Sánchez, P. R., & Folgado-Fernández, J. A. (2023). Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. Dalam *Education and Information Technologies* (Vol. 28, Nomor 1). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11167-5>

- Rosaly, R. (2019). *Pengertian Flowchart Beserta Fungsi dan Simbol-simbol Flowchart yang Paling Umum Digunakan*.
- Ruminta, Handoko, & Tati, N. (2018). Indikasi perubahan iklim dan dampaknya terhadap produksi padi di Indonesia (Studi kasus : Sumatera Selatan dan Malang Raya). *Jurnal AGRO*, 5(1), 48–60. <https://doi.org/10.15575/1607>
- Santoso, A. D., & Salim, M. A. (2019). Penghematan Listrik Rumah Tangga dalam Menunjang Kestabilan Energi Nasional dan Kelestarian Lingkungan Household Electricity Savings to Support National Energy Stability and Environmental Sustainability. Arif Dwi Santoso, Muhammad Agus Salim. Dalam *Jurnal Teknologi Lingkungan* (Vol. 20, Nomor 2).
- Saravanan, T., Jha, S., Sabharwal, G., & Narayan, S. (2020). Comparative Analysis of Software Life Cycle Models. *Proceedings - IEEE 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, ICACCCN 2020*, 906–909. <https://doi.org/10.1109/ICACCCN51052.2020.9362931>
- Sawyer, S. M., Azzopardi, P. S., Wickremarathne, D., & Patton, G. C. (2018). The age of adolescence. *The Lancet Child and Adolescent Health*, 2(3), 223–228. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(18\)30022-1](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(18)30022-1)
- Setiani, O. (2003). Impact of Climate Change on Dengue Haemorrhagic Fever in Central Java. Dalam *J Kesehat Lingkung Indones Impact of Climate* (Vol. 2, Nomor 2).
- Shahbaz, M., Raghutla, C., Song, M., Zameer, H., & Jiao, Z. (2020). Public-private partnerships investment in energy as new determinant of CO2 emissions: The role of technological innovations in China. *Energy Economics*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104664>
- Shahrill, M., Mahalle, S., Matzin, R., Hamid, M. H. S., & Mundia, L. (2013). A comparison of learning styles and study strategies used by low and high math achieving brunei secondary school students: Implications for teaching. *International Education Studies*, 6(10), 39–46. <https://doi.org/10.5539/ies.v6n10p39>
- Simón-Vicente, L., Rodríguez-Cano, S., Delgado-Benito, V., Ausín-Villaverde, V., & Cubo Delgado, E. (2022). Cybersickness. A systematic literature review of adverse effects related to virtual reality. *Neurologia*, 39(8), 701–709. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2022.04.009>
- Singh, S. (2024). *Assessing the Benefits and Challenges of Virtual Reality in Education*. 2(2), 72–82.
- Siti, M. I., & Mardani, D. A. (2024). *Integration of Climate Change in the Education Curriculum in Republic of Indonesia*. 224–235.
- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. Presence connect. *Presence connect*, 3(3), 1–5. www.cs.ucl.ac.uk/staff/m.slater
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sofhiya, E. N., Ivo, D. P. A., Setyowati, D. R., Febrianti, N., & Altawil, A. N. (2023). Identifying senior high school students' learning styles at a diagnostic assessment. *International Journal on Education Insight*, 4(2), 57–64.

- <https://doi.org/10.12928/ijei.v4i2.10296>
- Sofiyan, S., Aksa, F. I., & Saiman, S. (2019). An analysis climate change of the curriculum in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022121>
- Solaymani, S. (2019). CO2 emissions patterns in 7 top carbon emitter economies: The case of transport sector. *Energy*, 168, 989–1001. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.145>
- Sommerville, Ian. (2011). *Software engineering*. Pearson.
- Stefano Mongi, L., M Lumenta, A. S., & Sambul, A. M. (2018). Rancang Bangun Game Adventure of Unsrat Menggunakan Game Engine Unity. *Journal Teknik Informatika*, 14(1).
- Stratton, S. J. (2023). Population Sampling: Probability and Non-Probability Techniques. Dalam *Prehospital and Disaster Medicine* (Vol. 38, Nomor 2, hlm. 147–148). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1049023X23000304>
- Suciati Rahayu Widyastuti. (2022). *Pengembangan Skala Likert Untuk Mengukur Sikap Terhadap Penerapan penilaian Autentik Siswa Sekolah Menengah Pertama*.
- Sulistyaningrum, D. A. (2017). *Pengembangan Quantum Teaching Berbasis Video Pembelajaran Camtasia Pada Materi Permukaan Bumi Dan Cuaca*.
- Sundoro, D. P., & Wibawa, S. C. (2019). *Pengembangan Media Pembelajaran Video Interaktif Berbasis Virtual Reality (Vr) Pada Mata Pelajaran Komposisi Foto Digital Di Smk Kartika 2 Surabaya*.
- Suprojo, B., Utami, W., Saraswati, L. A., Nabila, D. A., & Salim, M. N. (2022). Digital Earth Surface Model for The Estimation of Solar Panel Electric Power Towards Renewable Energy. *Geoplanning*, 9(2), 103–120. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.9.2.103-120>
- Susanto. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Tiga Dimensi Pada Materi Pemanasan Global Dan Perubahan Iklim Untuk Sma/Ma Kelas X Berdasarkan Kurikulum Merdeka Belajar. *Indonesian Journal of Teaching and Learning (INTEL)*, 2(2), 217–224. <https://doi.org/10.56855/intel.v2i2.307>
- Syafriani, D., Lubis, A., Silalahi, D. A., Irwansyah, H. Z., & Purba, T. B. (2025). *Pembelajaran Kurikulum Merdeka Di Indonesia: Mengembangkan Kompetensi Dan Karakter Siswa Dalam Era*. 8, 225–228.
- Syamsiah. (2019). *Perancangan Flowchart Dan Pseudocode Pembelajaran Mengenal Angka Dengan Animasi Untuk Anak Paud Rambutan*.
- Tariq Ahmedhamdi, R., Ali Abdul Hussein, M., Ahmad, R. T., & Abdul-Hussain, M. A. (2017). *Modeling and Simulation of Wind Turbine Generator Using Matlab-Simulink Modeling and Simulation of Wind Turbine Generator Using....* <https://www.researchgate.net/publication/319136680>
- Thakur, A., Singh, D., & Maurya, H. C. (2013). A Survey on Incremental Software Development Life Cycle Model. Dalam *International Journal of Engineering Technology and Computer Research (IJETCR)* (Vol. 3, Nomor 2). www.ijetcr.org
- Vehteva, N., Nazarova, A., & Surkova, E. (2021). Analysis and modeling of the negative impact of virtual reality. *Journal of Physics: Conference Series*,

- 2096(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2096/1/012033>
- Vivi, M., & Emmanuel, W. A. (2020). Virtual reality applications in education. *Proceedings - 2020 21st International Arab Conference on Information Technology, ACIT 2020*, 1(1), 68–72. <https://doi.org/10.1109/ACIT50332.2020.9300056>
- Walsh, K. R., & Pawlowski, S. D. (2002). Virtual Reality: A Technology in Need of IS Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 8. <https://doi.org/10.17705/1cais.00820>
- Weichbroth, P., & Giedrowicz, M. (2024). *SUS-Lib: An automated tool for usability evaluation based on the Software Usability Scale from user feedback*. <https://arxiv.org/abs/2410.09534>
- Wohlgenannt, I., Simons, A., & Stieglitz, S. (2023). Virtual Reality. *IEEE Computer Graphics and Application*, 1(Juni), 320–330.
- Wu, X. (2024). A review of virtual reality technology. *Applied and Computational Engineering*, 38(1), 1–6. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/38/20230521>
- Wu, Y., Shen, L., Zhang, Y., Shuai, C., Yan, H., Lou, Y., & Ye, G. (2019). A new panel for analyzing the impact factors on carbon emission: A regional perspective in China. *Ecological Indicators*, 97, 260–268. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.006>
- Xu, Z., Liang, Y., Campbell, A. G., & Dev, S. (2022). An Explore of Virtual Reality for Awareness of the Climate Change Crisis: A Simulation of Sea Level Rise. Dalam *Proceedings of 2022 8th International Conference of the Immersive Learning Research Network, iLRN 2022* (hlm. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.23919/iLRN55037.2022.9815983>
- Ying, T. W., Alias, N., & DeWitt, D. (2024). Sustainable environmental education using virtual reality: A module for improving environmental citizenship competences in secondary schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(10), 1–15. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15177>
- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. Dalam *Advances in Carbon Capture: Methods, Technologies and Applications* (hlm. 3–28). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>
- Zen, S., Ropo, E., Sovia, S., & Sansrisna. (2024). Teacher Identity and Climate Change Education: Implications for Curriculum Integration in Indonesia. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 26(2), 74–104. <https://doi.org/10.2478/jtes-2024-0017>
- Zhang, R., & Fujimori, S. (2020). The role of transport electrification in global climate change mitigation scenarios. *Environmental Research Letters*, 15(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6658>
- Zukmadini, A. Y., & Rohman, F. (2023). Edukasi Mitigasi Dan Adaptasi Perubahan Iklim Menggunakan Film Dokumenter. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 191. <https://doi.org/10.24198/kumawula.v6i1.39503>
- Zumbo, B. D. (2007). *Validity: Foundational Issues and Statistical Methodology*.