

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS TINKERCAD
UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN VISUAL 3D
MODEL KONSTRUKSI ATAP**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Teknik Arsitektur di Program Studi Pendidikan Teknik Arsitektur
FPTI UPI

Oleh:

Fathia Azmi Nabila

2104322

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ARSITEKTUR
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS TINKERCAD UNTUK
MENINGKATKAN PEMAHAMAN VISUAL 3D
MODEL KONSTRUKSI ATAP**

Oleh
Fathia Azmi Nabila
2104322

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

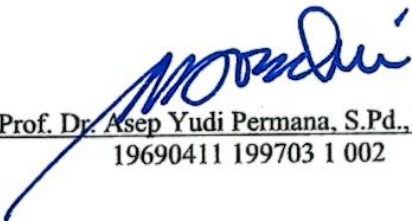
© Fathia Azmi Nabila 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

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.

HALAMAN PENGESAHAN
FATHIA AZMI NABILA
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS TINKERCAD
UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN VISUAL 3D
MODEL KONSTRUKSI ATAP

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

Pembimbing I



Prof. Dr. Asep Yudi Permana, S.Pd., M.Des.
19690411 199703 1 002

Pembimbing II

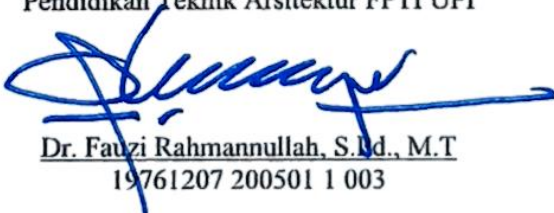


Nitih Indra KD, S.Pd., M.T.
9201712 19850413 2 01

Mengetahui

Ketua Program Studi

Pendidikan Teknik Arsitektur FPTI UPI



Dr. Fauzi Rahmannullah, S.Ed., M.T
19761207 200501 1 003

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS TINKERCAD
UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN VISUAL 3D
MODEL KONSTRUKSI ATAP**

Fathia Azmi Nabila

Program Studi Pendidikan Teknik Arsitektur, Universitas Pendidikan Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan yang ditemukan selama pembelajaran Konstruksi dan Utilitas Gedung di SMK PU Negeri Bandung, yaitu rendahnya pemahaman siswa terhadap gambar konstruksi yang ditampilkan dalam bentuk 2D, dan terbatasnya media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan bentuk konstruksi secara konkret dan interaktif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis Tinkercad sebagai solusi dari permasalahan tersebut. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan mengacu pada model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahapan, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation*, dan *Evaluation*. Subjek uji coba dalam penelitian ini adalah 94 siswa kelas XI DPIB. Instrumen penelitian meliputi observasi, angket pra penelitian, validasi ahli, angket tanggapan siswa, serta tes *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur efektivitas media. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan berdasarkan hasil validasi ahli materi dan media. Dari hasil *pre-test* dan *post-test*, diperoleh rata-rata peningkatan nilai dengan N-gain sebesar 0,68 yang termasuk dalam kategori sedang. Hal ini membuktikan bahwa media berbasis Tinkercad efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi struktur rangka atap. Media ini juga memperoleh respon sangat positif dari peserta didik. Dengan demikian, media pembelajaran ini dapat menjadi alternatif inovatif dalam proses pembelajaran berbasis teknologi di SMK, khususnya pada materi-materi visual dan konstruktif. Media ini juga dinilai relevan dengan karakteristik peserta didik dan perkembangan kebutuhan di dunia kerja konstruksi digital.

Kata kunci: Media Pembelajaran, Tinkercad, Konstruksi Atap, ADDIE, Efektivitas Belajar.

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS TINKERCAD
UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN VISUAL 3D
MODEL KONSTRUKSI ATAP**

Fathia Azmi Nabila

Program Studi Pendidikan Teknik Arsitektur, Universitas Pendidikan Indonesia

ABSTRACT

This study was motivated by problems encountered during the teaching of Building Construction and Utilities at SMK PU Negeri Bandung, namely students' poor understanding of construction drawings presented in 2D form and the limited availability of learning media capable of visualizing construction forms in a concrete and interactive manner. The aim of this study was to develop Tinkercad-based learning media as a solution to these problems. This study employs the Research and Development (R&D) method, following the ADDIE development model, which consists of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The test subjects in this study were 94 students from class XI DPIB. The research instruments included observation, pre-research questionnaires, expert validation, student response questionnaires, as well as pre-test and post-test to measure the effectiveness of the media. The results of the study indicate that the developed learning media is suitable for use based on the results of expert validation of the material and media. From the pre-test and post-test results, an average increase in scores with an N-gain of 0.68 was obtained, which falls into the moderate category. This proves that Tinkercad-based media is effective in enhancing students' understanding of roof structure materials. The media also received very positive feedback from the students. Therefore, this educational media can serve as an innovative alternative in technology-based learning processes at vocational schools, particularly for visual and constructive subjects. The media is also deemed relevant to the characteristics of the students and the evolving needs in the digital construction industry.

Keywords: Learning Media, Tinkercad, Roof Construction, ADDIE, Learning Effectiveness.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Landasan Teori Pembelajaran dan Visualisasi Spasial	8
2.1.1 Hakikat Belajar dan Peran Media dalam Pembelajaran.....	8
2.1.2 Teori Beban Kognitif dalam Pembelajaran.....	10
2.1.3 Kemampuan Visualisasi Spasial dalam Pembelajaran Konstruksi	12
2.2 Pembelajaran Konstruksi Berbasis Teknologi 3D	14
2.2.1 Tantangan Pembelajaran Visual pada Pembelajaran Konstruksi.....	14
2.2.2 Pemanfaatan Media 3D untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep	16
2.3 Tinkercad sebagai Media Pembelajaran.....	21
2.3.1 Aplikasi Tinkercad.....	21
2.3.2 Pengukuran Efektivitas Media Pembelajaran Berbasis Tinkercad	25
2.4 Materi Konstruksi Atap.....	29
2.5 Penelitian Terdahulu	33
BAB III METODE PENELITIAN	42
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	42
3.2 Desain Penelitian.....	42
3.3 Prosedur Penelitian.....	43

3.3.2 <i>Analysis</i> (Analisis)	46
3.3.3 <i>Design</i> (Desain).....	47
3.3.4 <i>Development</i> (Pengembangan).....	48
3.3.5 <i>Implementation</i> (Implementasi)	49
3.3.6 <i>Evaluation</i> (Evaluasi).....	49
3.4 Populasi dan Sampel	49
3.4.1 Populasi	49
3.4.2 Sampel.....	50
3.5 Teknik Pengumpulan Data dan Uji Instrumen.....	50
3.5.1 Pengumpulan Data	50
3.5.2 Uji Instrumen	53
3.6 Teknik Analisis Data.....	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61
4.1 Hasil Penelitian	61
4.1.1 Tahapan Pengembangan Media Pembelajaran.....	61
4.1.2 Tingkat Kelayakan Media Pembelajaran	100
4.1.3 Efektivitas Media Pembelajaran	105
4.2 Pembahasan.....	106
4.2.1 Pembahasan Tahapan Pengembangan Media Pembelajaran.....	106
4.2.2 Pembahasan Tingkat Kelayakan Media Pembelajaran	112
4.2.3 Pembahasan Efektivitas Media Pembelajaran	114
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	116
5.1 Simpulan	116
5.2 Saran.....	117
DAFTAR PUSTAKA	119
LAMPIRAN.....	125

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tujuan Pembelajaran Konstruksi Atap	30
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	33
Tabel 3.1 Populasi Penelitian.....	50
Tabel 3.2 Skala Likert Angket Tanggapan Siswa.....	52
Tabel 3.3 Kisi-Kisi Instrumen Tanggapan Siswa	52
Tabel 3.4 Kisi-kisi soal tes (<i>Pre-test</i> dan <i>Post-test</i>).....	53
Tabel 3.5 Kriteria Kesesuaian Validasi Ahli.....	54
Tabel 3.6 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Materi.....	54
Tabel 3.7 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Media	55
Tabel 3.8 Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi Alpha Cronbach	56
Tabel 3.9 Tingkat Kesukaran	57
Tabel 3.10 Kriteria Daya Pembeda	57
Tabel 3.11 Rubrik Penilaian Soal <i>Pre-test Post-test</i>	58
Tabel 3.12 Kriteria Peningkatan N-Gain	59
Tabel 3.13 Interpretasi Persentase Tanggapan siswa	59
Tabel 4.1 CP dan TP Materi Struktur Rangka Atap.....	63
Tabel 4.2 <i>Storyboard</i> Penggunaan Media.....	70
Tabel 4.3 Aspek Angket Validasi Ahli	72
Tabel 4.4 Indikator Soal <i>Pre-test Post-test</i>	72
Tabel 4.5 Aspek Angket Tanggapan Siswa	73
Tabel 4.6 Tampilan Hasil Media Pembelajaran.....	75
Tabel 4.7 Fitur yang Digunakan Pada Tinkercad.....	79
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Uji Validitas	81
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Uji Reliabilitas.....	82
Tabel 4.10 Tingkat Kesukaran	83
Tabel 4.11 Hasil Analisis Daya Kesukaran.....	83
Tabel 4.12 Kriteria Daya Pembeda	84
Tabel 4.13 Hasil Analisis Daya Pembeda	85
Tabel 4.14 Hasil Analisis Daya Pengecoh	86
Tabel 4.15 Soal <i>Pre-test</i> dan <i>Post-test</i> Setelah Uji Statistik	89
Tabel 4.16 Interpretasi Persentase Tanggapan siswa	94
Tabel 4.17 Hasil Tanggapan Siswa Terhadap Media Pembelajaran.....	94

Tabel 4.18 Hasil Validasi Oleh Ahli Materi	100
Tabel 4.19 Hasil Validasi Oleh Ahli Media	102
Tabel 4.20 Saran dan Masukan Ahli Media	104
Tabel 4.21 Kriteria Peningkatan N-Gain	105
Tabel 4.22 Nilai Sebelum dan Sesudah.....	105
Tabel 4.23 Perhitungan N-Gain Score	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modeling 3D	22
Gambar 2.2 Simulasi Elektronik	22
Gambar 2.3 Tampilan Fitur <i>Classes</i> Guru	23
Gambar 2.4 Tampilan Fitur <i>Activities</i> Siswa	23
Gambar 3.1 Peta Lokasi SMK PU Negeri Bandung	42
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian Menggunakan Model ADDIE	45
Gambar 4.1 Prinsip Penyaluran Gaya Kuda-Kuda	65
Gambar 4.2 Bentuk Kuda-Kuda Bentang 3-4 meter	65
Gambar 4.3 Bentuk Kuda-Kuda Bentang 4-8 meter	66
Gambar 4.4 Bentuk Kuda-Kuda Bentang 9-16 meter	66
Gambar 4.5 Gambaran Konstruksi Kuda-kuda Bentang 8 Meter	66
Gambar 4.6 Detail Sambungan A	67
Gambar 4.7 Detail Sambungan B	67
Gambar 4.8 Detail Sambungan C	68
Gambar 4.9 Detail Sambungan E	68
Gambar 4.10 Alur Penggunaan Media	69
Gambar 4.11 Alur Pembuatan Model 3D Konstruksi Atap	74
Gambar 4.12 Grafik Hasil Perhitungan Tingkat Kesukaran	84
Gambar 4.13 Tangkapan Layar Konversi Panduan menjadi <i>Flipbook</i>	87
Gambar 4.14 Tangkapan Layar Pembuatan Video Tutorial	87
Gambar 4.15 Penambahan Halaman Akses Video Tutorial pada Panduan	88
Gambar 4.16 Perbaikan <i>Notes</i> pada <i>Workspace</i>	88
Gambar 4.17 Dokumentasi Kegiatan Implementasi	92
Gambar 4.18 Dokumentasi Kegiatan Implementasi	93

Gambar 4.19 Dokumentasi Kegiatan Implementasi	93
Gambar 4.20 Grafik Tanggapan Siswa Terhadap Indikator Kualitas Tampilan dan Visualisasi Media	95
Gambar 4.21 Grafik Tanggapan Siswa Terhadap Indikator Kemudahan Penggunaan	96
Gambar 4.22 Grafik Tanggapan Siswa Terhadap Indikator Kejelasan Materi dan Pemahaman Konsep	97
Gambar 4.23 Grafik Tanggapan Siswa Terhadap Indikator Interaktivitas dan Keterlibatan Siswa	98
Gambar 4.24 Grafik Tanggapan Siswa Terhadap Indikator Relevansi dan Manfaat dalam Pembelajaran	99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Kuesioner Pendahuluan.....	125
Lampiran 2 Lembar Validasi Ahli	127
Lampiran 3 CV Validator Ahli Materi dan Media.....	132
Lampiran 4 Surat Observasi SMK	134
Lampiran 5 Surat Keputusan Dosen Pembimbing 1	135
Lampiran 6 Surat Keputusan Dosen Pembimbing 2	136
Lampiran 7 Surat Pengantar Penelitian.....	137
Lampiran 8 Panduan Penggunaan Tinkercad.....	138
Lampiran 9 Kisi-kisi Soal	143
Lampiran 10 Rancangan Awal Soal <i>Pre-Test</i> dan <i>Post-Test</i>	144
Lampiran 11 Rencana Pelaksanaan Pembelajaran.....	147
Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian.....	149
Lampiran 13 Hasil Perhitungan N-Gain	150
Lampiran 14 Laporan Asistensi Skripsi.....	153
Lampiran 15 Tingkat Plagiarisme.....	157

DAFTAR PUSTAKA

- Adila, Z. R., & HS, M. S. (2022). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN 3D SKETCHUP PADA MATA PELAJARAN ESTIMASI BIAYA KONSTRUKSI DI SMK N 1 TUBAN Zahrotur Rizki Adila Mas Suryanto HS Abstrak. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan (JKPTB)*, 8(2), 1–11.
- Agustin, N. D. (2025). *ANALISIS MEDIA PEMBELAJARAN UNTUK PEMBELAJARAN BERBASIS TEKNOLOGI*. 2(1).
- Ainsworth, İ. (2025). Teacher practices and student understandings in 2d drawings of 3d shapes. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 14(1), 130. <https://doi.org/10.14686/buefad.1420814>
- Akbar, S. (2017). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, S. (2003). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan (Edisi Revisi)*. Bumi Aksara.
- Arsyad, A. (2011). *Media Pembelajaran*. Rajawali Pers.
- Asbendri. (2024). Exploring the Impact of Tinkercad-Assisted Learning on Student Performance in Industrial Electronics Subject Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Berbantu Tinkercad Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning*, 2(2), 134–148.
- Awaliyah, S. G. (2019). *Konstruksi Kuda-Kuda Kayu 9 M*.
- Azzahra, A. M. (2024). PEMANFAATAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF DALAM. *Jurnal Pendidikan Dan Keguruan*, 2(4), 648–654.
- Barbosa, A., Vale, I., & Alvarenga, D. (2024). The use of Tinkercad and 3D printing in interdisciplinary STEAM education: A focus on engineering design. *STEM Education*, 4(3), 222–246. <https://doi.org/10.3934/steme.2024014>
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer.
- Budiman, D. (2023). Efektivitas Media Pembelajaran Berbasis 3D Pada Kelas 10 pada mata pelajaran Geografi dengan capaian Akademik Siswa materi Atmosfer di SMAN 1 CIGUGUR. *Edu Geography*, 11(2), 51–62.
- Cătălina, M. (2024). *The role of cognitive load in user interface design*. <https://moldstud.com/articles/p-the-role-of-cognitive-load-in-user-interface->

design

- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning (4th ed.)*. Wiley.
- Daryanto, & Syaiful, K. (2017). *Pembelajaran Abad 21*. Gava Media.
- Davis, F. D., & Davis, F. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *Management Information Systems Research Center, University of Minnesota*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Dewi, D. S., Waloyo, E., & Ria, T. N. (2023). the Impact of Technology-Based Learning on Students' Affective, Behavioral, and Cognitive Engagement in Efl Higher Education. *UNNES-TEFLIN National ...*, 167–179. <https://proceeding.unnes.ac.id/index.php/utnc/article/view/2607%0Ahttps://proceeding.unnes.ac.id/index.php/utnc/article/download/2607/2063>
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The Systematic Design of Instruction (8th ed.)*. Pearson.
- Dwiyanti, & Aslindawaty, N. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Krathwohl Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas Ix Di Smp Nasional Makassar. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 3(2), 198–204. <https://doi.org/10.55681/jige.v3i2.391>
- Evanjeli, C., Aryani Fitri, N., Arafat, Y., & Suharsono. (2024). Augmented Reality-Based 3D Technology Learning Media for Human Respiratory Organs. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications (JAIEA)*, 3(2), 579–583. <https://doi.org/10.59934/jaiea.v3i2.431>
- Gagné, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1992). *Principles of Instructional Design (4th ed.)*. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- Hake, R. R. (1999). Analyzing Change Gain. *American Educational Research Association's Division*, 1–4.
- Handayani, A. N., Nafista, S. S., & Kusumawardana, A. (2024). *Development of Interactive Virtual Laboratory Media with Tinkercad Platform on Analog Electronics Material. 04008*.

- Hasan, M., Milawati, Darodjat, Khairani, H., & Tahrir, T. (2021). Media Pembelajaran. In *Tahta Media Group*.
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., & Smaldino, S. E. (2002). *Instructional Media and Technologies for Learning (7th ed.)*. Merrill Prentice Hall.
- Hejazi, A. (2025). *Enhancing Accessibility and Usability in 3D Modeling Education for Novice Learners* [University of Virginia]. <https://www.city.kawasaki.jp/500/page/0000174493.html>
- Jin, Z., Li, Y., Yu, K., Liu, L., Fu, J., Yao, X., Zhang, A., & He, Y. (2021). 3D Printing of Physical Organ Models: Recent Developments and Challenges. *Advanced Science*, 8(17), 1–27. <https://doi.org/10.1002/advs.202101394>
- Johansen, M. O., Jeno, L. M., & Eliassen, S. (2023). “Why is this relevant for me?”: increasing content relevance enhances student motivation and vitality. *Frontiers in Psychology*, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1184804>
- Le Bow, V., Bernhardt-Barry, M. L., & Datta, J. (2018). Improving spatial visualization abilities using 3D printed blocks. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2018-June*. <https://doi.org/10.18260/1-2--30634>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability : A Meta-Analysis Author (s): Marcia C . Linn and Anne C . Petersen Published by : Wiley on behalf of the Society for Research in Child Development Stable URL : <http://www.jstor.org/st>. *Child Development*, 56(6), 1479–1498.
- Luaran, J. E., Kyra, J., & Jain, J. (2025). *Immersive Learning Environment: Investigating Student Engagement, Retention and Learning Outcomes in Using Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in Teaching and Learning*. IX(IV), 3119–3125. <https://doi.org/10.47772/IJRISS>
- Martín-Gutiérrez, J., Luís Saorín, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. In *Computers and Graphics (Pergamon)* (Vol. 34, Issue 1, pp. 77–91). <https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>

- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Miftah, M. (2013). Media Pembelajaran. *Jurnal KWANGSAN Vol. 1 - Nomor 2*, 95–105.
- Moris, F., & Pece, C. (2022). Definitions of Research and Development: An Annotated Compilation of Official Sources | NSF - National Science Foundation. *National Center for Science and Engineering Statistics*. <https://nces.nsf.gov/pubs/nces22209>
- Niken, A., & Rusnilawari. (2022). Discovery Learning Assisted by Animation Audio Visual Media Optimizes Problem Solving Ability and Students' Independent Attitude. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 6(3), 516–524. <https://doi.org/10.23887/jisd.v6i3.53394>
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.
- Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. In *International Universities Press*. <https://doi.org/10.1037/h0051916>
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61–86. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00016-0)
- Pribadi, B. A. (2017). *Media dan Teknologi dalam Pembelajaran*. Prenada Media.
- Prihadi, S. (2023). *Media pembelajaran*. 1–19. [https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/46552/mod_resource/content/1/MEDIA PEMBELAJARAN SBG PRODUK TEKNOLOGI PENDIDIKAN.pdf](https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/46552/mod_resource/content/1/MEDIA%20PEMBELAJARAN%20SBG%20PRODUK%20TEKNOLOGI%20PENDIDIKAN.pdf)
- Raju, G., Sorby, S. A., & Reid, C. (2023). Exploring the Role of Spatial Visualization in Design Process of Undergraduate Engineering Students. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--43648>
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17(3), 249–255. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>
- Rohmatulloh, G., Fakhirah Siregar, N., Widodo, A., & Artikel, I. (2022). Inovasi Media Pembelajaran 3 Dimensi Berbasis Teknologi pada Pembelajaran

- Biologi (Technology-Based 3 Dimensional Learning Media Innovation in Biology Learning). *BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi* , 08(04), 139–146. <https://online-journal.unja.ac.id/biodik>
- Rompis, E. T., Sompie, S. R. U. ., & Sambul, A. . (2022). Modelling and Implementation 3D Product of Faculty of Engineering Sam Ratulangi University Buildings. *Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu*, 1–8. <http://repo.unsrat.ac.id/id/eprint/3959>
- Slavin, R. E. (2009). *Educational Psychology: Theory and Practice (9th ed.)*. Pearson.
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Russell, J. D. (2012). *Instructional Technology and Media for Learning (10th ed.)*. Pearson.
- Smith, T. (2021). *Schema Theory*. EBSCO. <https://www.ebsco.com/research-starters/psychology/schema-theory>
- Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459–480. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>
- Subarkah, I. (1988). *Konstruksi Bangunan Gedung*. Idea Dharma.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sukma, A., Asri, T., & Dwiningasih, K. (2022). *Validitas E-Modul Interaktif sebagai Media Pembelajaran untuk Melatih Kecerdasan Visual Spasial pada Materi Ikatan Kovalen*. 6(2), 465–473.
- Sukmajati, D. (2008). *Konstruksi Atap*.
- Sulisworo, D., Erwiana, V. Y., & Robi'in, B. (2017). Virtual Reality in Education: Designing Immersive and Innovative Learning Experiences. In *Advances in Rehabilitation* (Vol. 30, Issue 4).
- Suprijono, A. (2012). *Cooperative learning: Teori & aplikasi PAIKEM*. Pustaka Pelajar.
- Sweller, J. (1988). *Cognitive Load During Problem Solving : Effects on Learning*. 12(2), 257–285. <https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202>
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312.

- Sweller, J., Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design : 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2018). *Ten Steps to Complex Learning: A Systematic Approach to Four-Component Instructional Design (3rd ed.)*. Routledge.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning Over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220–1230. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141>
- Wulandari, D., & Lestari, A. D. (2021). *Konstruksi dan Utilitas Gedung*. CV Mediatama.
- Zhu, X., & Aryadoust, V. (2022). A Synthetic Review of Cognitive Load in Distance Interpreting: Toward an Explanatory Model. *Frontiers in Psychology*, 13(July). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.899718>