

Tinjauan Literatur Teknologi Hologram dalam Pendidikan: Peluang, Tantangan, dan Arah Masa Depan

Yuliana Cantikasari¹, Erni Widarti²

^{1,2}*Sistem Informasi Kota Cerdas, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta.089630111479*
e-mail: yuliannac07@gmail.com¹, erni.widarti@lecture.utp.ac.id²

ABSTRAK

Kata Kunci:

Hologram
Pendidikan
Teknologi Masa Depan
Tinjauan Pustaka

Beberapa negara maju telah menerapkan teknologi hologram di berbagai bidang, termasuk pendidikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyajikan tinjauan pustaka sistematis mengenai penerapan teknologi hologram dalam pendidikan. Cakupan dari literatur yang ditinjau terkait teknologi hologram yang diterbitkan antara tahun 2018 sampai 2024. Pencarian awal menghasilkan total 104 artikel dari berbagai sumber *open source* yang bereputasi. Setelah menerapkan *screening*, *removing duplicates* dan *filter*, terpilih 20 artikel yang sesuai dengan konteks penelitian. Artikel terpilih ditinjau dengan mengkategorikan berdasarkan tujuan penelitian, algoritma yang digunakan dan penerapannya dalam subjek pendidikan. Hasil penelitian ini menyajikan tinjauan pustaka sistematis yang dapat digunakan dalam membantu peneliti masa depan menemukan topik penelitian baru dan menyajikan wawasan tentang prospek masa depan terkait peluang dan tantangan penerapan teknologi hologram pada sektor pendidikan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi hologram merupakan teknologi inovatif dengan banyak keunggulan dengan teknik visualisasi yang menarik.

ABSTRACT

Keyword:

Hologram
Education
Future Technology
Literature Review

Several developed countries have implemented hologram technology in various fields, including education. The purpose of this study is to present a systematic literature review on the application of hologram technology in education. The scope of the reviewed literature related to hologram technology published between 2018 and 2024. The initial search resulted in a total of 104 articles from various reputable open source sources. After applying screening, removing duplicates and filters, 20 articles were selected that were in accordance with the research context. The selected articles were reviewed by categorizing them based on the research objectives, the algorithms used and their application in educational subjects. The results of this study present a systematic literature review that can be used to help future researchers find new research topics and provide insights into future prospects related to the opportunities and challenges of implementing hologram technology in the education sector. Overall, the results of this study indicate that hologram technology is an innovative technology with many advantages with interesting visualization techniques.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan ilmu komunikasi mendorong manusia untuk terus beradaptasi dengan cepat. Teknologi hologram merupakan salah satu perkembangan teknologi terkini yang sudah telah diterapkan di beberapa negara maju [1]. Teknologi ini menawarkan pengalaman visual yang lebih mendalam dan interaktif dari pembuatan gambar tiga dimensi yang tampak nyata dan dapat dilihat dari berbagai sudut [2][3]. Hologram ditemukan pada tahun 1940 oleh seorang ilmuwan Hungaria Bernama Dennis Gabor menggunakan beberapa Teknik, tetapi penelitian tentang teknologi ini masih dalam tahap awal [4].

Hologram unggul dalam penyimpanan media karena dapat merekam intensitas cahaya, memberikan informasi tambahan. Ada tiga jenis hologram: pantulan (dilihat di galeri), transmisi (menggunakan laser), dan hibrida (kombinasi pantulan dan transmisi, termasuk multi-saluran, interferometri, integral, dan timbul).[5]. Teknologi hologram 3D dapat diterapkan dalam berbagai bidang, salah satunya bidang pendidikan [6]. Pada bidang pendidikan hologram sangat bermanfaat untuk penyajian materi dengan visualisasinya dan akan meningkatkan daya tarik serta pemahaman pembelajaran [7].

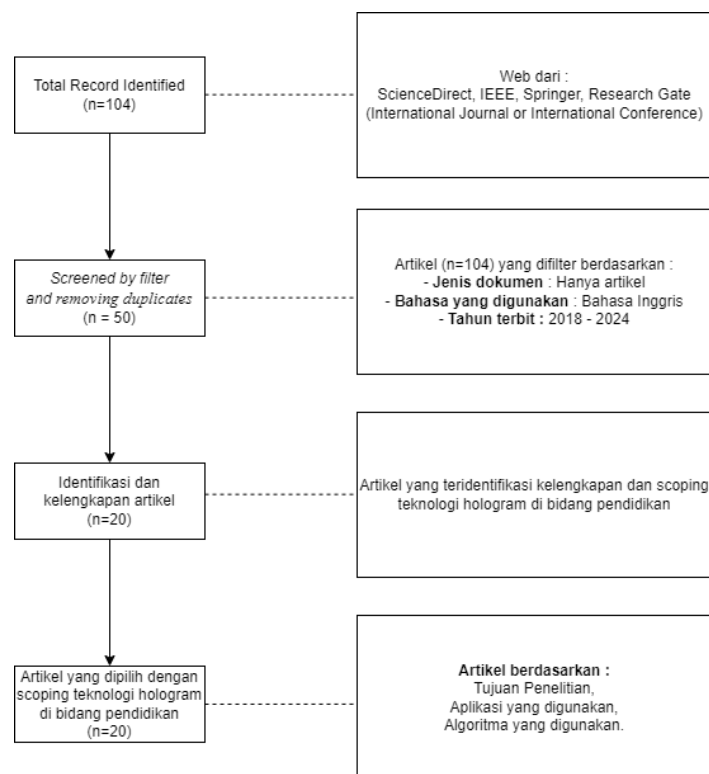
Selain itu penerapan teknologi hologram 3D muncul sebagai alat inovatif dengan potensi untuk mengubah lingkungan belajar tradisional terjadi pengalaman interaktif dan mendalam [3]. Teknologi hologram dalam pembelajaran kolaboratif menciptakan perangkat 3D yang melengkapi materi teks, meningkatkan interaksi dan pengalaman belajar. [2]. Penggunaan teknologi hologram dalam pendidikan dapat meningkatkan motivasi belajar siswa dalam memperoleh pengetahuan dibandingkan dengan menggunakan video konvensional [8]. Berdasarkan penelitian [9] menunjukkan peningkatan efektivitas pembelajaran siswa dengan adanya penerapan hologram AR sebagai intervensi pendidikan dan dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran jauh.

Teknologi penerapan hologram berpotensi dalam membentuk pembelajaran mandiri yang efektif dalam memahami materi pembelajaran [10]. Penggunaan hologram dalam pendidikan adalah metode yang efektif untuk meningkatkan pemahaman dan menarik perhatian siswa melalui penyampaian informasi yang lebih menarik. [11][12]. Para ilmuwan memproyeksikan bahwa hologram akan meningkatkan pelatihan, visualisasi, dan desain [13].

Penelitian ini mengkaji penerapan teknologi hologram dalam pendidikan, fokus pada tujuan, aplikasi, dan algoritma. Urgensinya terletak pada kemajuan, tantangan, dan peluang hologram untuk pendidikan masa depan, memberikan wawasan berharga bagi praktisi, peneliti, dan masyarakat tentang perkembangan teknologi ini.

II. METODE

Penelitian ini merupakan tinjauan pustaka dengan meninjau penelitian sebelumnya mengenai teknologi hologram yang diterapkan dalam bidang pendidikan. Metode digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR). SLR digunakan untuk mengidentifikasi hasil temuan yang terdapat dalam penelitian. Tahap awal dalam tinjauan literatur yaitu mencari jurnal yang telah dipublikasikan pada prosiding internasional atau yang diterbitkan pada jurnal internasional yang diterbitkan pada tahun 2018 hingga 2024. Proses pencarian jurnal dengan mempertimbangkan kata kunci abstrak yang berkaitan dengan teknologi hologram. Secara detail tahapan dalam alur diagram penelitian ini seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur diagram metode penelitian

Gambar 1 merupakan proses alur diagram metode penelitian yang menjelaskan tahapan yang dilakukan dalam tinjauan literatur. Tahap pertama, mencari studi penelitian yang telah dari dipublikasikan terkait teknologi hologram dari sumber open source seperti *ScienceDirect*, *IEEE*, *Springer* dan *Researchgate*. Alasan penggunaan sumber yang dipilih terletak pada reputasi dan kredibilitas di kalangan akademis dan cakupannya yang luas terhadap literatur ilmiah di berbagai disiplin ilmu, termasuk teknologi hologram.

Pada proses pencarian awal menghasilkan 104 studi penelitian terkait hologram. Tahap kedua yaitu *screened by filter and removing duplicates* berdasarkan jenis dokumen, bahasa yang digunakan dan tahun terbit dari 2018 hingga 2024. Proses filter ini bertujuan untuk memperoleh artikel terbaru terkait perkembangan teknologi hologram. pada tahap kedua tersaring 50 artikel yang sesuai. Tahap ketiga yaitu identifikasi kelengkapan yang menghasilkan 20 artikel yang sesuai dengan fokus tinjauan literatur teknologi hologram di bidang pendidikan.

Kriteria identifikasi dan kelengkapan artikel diterapkan untuk menyaring artikel yang ditemukan sesuai berdasarkan kelengkapannya seperti abstrak, pendahuluan, metode, hasil dan kesimpulan. Alasan tidak menyertakan beberapa artikel terkait dengan topik, yang dalam beberapa kasus dianggap tidak spesifik, mengenai uji klinis atau topik diluar bidang minat. Tahap terakhir yaitu mengidentifikasi artikel terpilih berdasarkan tujuan penelitian dan mengkategorikan berdasarkan penggunaan aplikasi dan pendekatan algoritma yang digunakan. Dengan metode SLR ini diharapkan dapat memudahkan dalam penyajian literatur untuk mengetahui peluang dan tantangan perkembangan teknologi hologram di masa depan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini, 20 artikel telah terpilih sesuai dengan tinjauan literatur terkait teknologi hologram di bidang pendidikan. Fokus penelitian meninjau berdasarkan tujuan, teknologi aplikasi yang digunakan dan pendekatan algoritma yang digunakan. Hasil dari identifikasi tinjauan literatur berdasarkan tujuan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Identifikasi ini berisi nama penulis, judul artikel dan tujuan dari penelitiannya.

Tabel 1. Identifikasi artikel berdasarkan penulis, judul, dan tujuan

| Penulis | Judul Artikel | Tujuan |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Youbin Kim dan Dong Yeong Lee [2]. | 3D Hologram Learning Kit Development for Elementary Education | Merancang perangkat pembelajaran holografik 3D untuk pembelajaran kolaboratif. |
| Stefania Manca, Juliana Elisa Raffaghelli, Albert Sangrà [4]. | A learning ecology-based approach for enhancing Digital Holocaust Memory in European cultural heritage education | Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang penggunaan teknologi digital untuk menciptakan pengalaman belajar tentang Holocaust |
| Said A. Salloum, Khadija Alhumaid, Aseel M. Alfaisal, Rose A. Aljanada, dan Raghad Alfaisal [5]. | Adoption of 3D Holograms in Science Education: Transforming Learning Environments | Mengevaluasi dampak 3D Hologram pada proses pembelajaran siswa untuk sains. |
| Hisham Saad Zaghoul [14]. | An Exploratory Study on The Use of 3d Hologram Visualization in Egypt's Educational Theater | Mengidentifikasi dampak visualisasi holografik 3D terhadap pembelajaran siswa di teater pendidikan. |

| Penulis | Judul Artikel | Tujuan |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Emmanuel Fokides dan Ioanna Asimina Bampoukli [8]. | Are hologram-like pyramid projections of an educational value? Results of a project in primary school settings Are hologram-like pyramid projections of an educational value? Results of a project in primary school settings | Untuk mengkaji apakah konten pendidikan menggunakan proyeksi piramida seperti hologram akan menghasilkan hasil belajar yang lebih baik. |
| Jesus Uribe, Derek Harmon, Benjamin Laguna, dan Jesse Courtier [9]. | Augmented-Reality Enhanced Anatomy Learning (A-REAL): Assessing the utility of 3D holographic models for anatomy education Jesus | Menilai efektivitas hologram AR sebagai intervensi pendidikan untuk pembelajaran anatomi dan membandingkannya dengan Program Pengajaran Rekan (PTP). |
| Mark William Johnson, Karen Alavi, dan Viktor Holm-Janus [15]. | Communicative Musicality, Learning and Energy: A Holographic Analysis of Sound Online and in the Classroom | Menganalisis perbedaan sonik antara pertemuan tatap muka. |
| Weihao Li, Yuanfeng Liu, Yonghui Wang, Xuemin Zhang, Kun Liu, Yang Jiao, Xiaoming Zhang, Jie Chen, dan Tao Zhang [16]. | Educational value of mixed reality combined with a three-dimensional printed model of aortic disease for vascular surgery in the standardized residency training of surgical residents in China: a case control study | Mengevaluasi nilai pendidikan realitas campuran (MR) yang dikombinasikan dengan model cetak tiga dimensi penyakit aorta. |
| Joshua J. Gnanasegaram, Regina Leung, Jason A. Beyea [17]. | Evaluating the effectiveness of learning ear anatomy using holographic models | Mengevaluasi kelayakan dan efektivitas pembelajaran anatomi telinga menggunakan model anatomi holografik (HG) dibandingkan dengan kuliah didaktik (DL) dan modul komputer (CM). |
| Mohd Khairulnizam Ram, Mohd Nasiruddin Abdul Aziz, Nur Hisham Ibrahim, Firdaus Khalid [11]. | Hologram Tutor: The 3D Visualization Technology Revolution in Education | Mengeksplorasi faktor-faktor yang mendorong penggunaan alat teknologi sebagai alat bantu. |
| Jakub Matišák, Matej Rábek, dan Katarína Žáková [12]. | Online control education using 3D holographic visualisation | Menunjukkan aplikasi untuk pengajaran interaktif teori kontrol menggunakan model holografik. |
| Khoo Shiang Tyng, Halimah Badioze Zaman, Ummul Hanan Mohamad, dan Azlina Ahmad [18] | Perceived ease of use on visual learning application for mathematics using holography display for the topic on shape and space | Mengembangkan dan mengevaluasi efektivitas aplikasi Visual E-Learning Matematika (MEL-VIS) dalam meningkatkan kemudahan pembelajaran bentuk 3D. |
| Peter Onu, Anup Pradhan, dan Charles Mbohwa [19]. | Potential to use metaverse for future teaching and learning | Mengeksplorasi potensi Metaverse dalam konteks pendidikan, termasuk cara-cara di mana teknologi ini dapat diterapkan untuk meningkatkan pengalaman belajar. |
| Dimitris Mavrikios, Kosmas Alexopoulos, Konstantinos Georgoulas, Sotiris Makris, George Michalos, George Chryssoulouris [20]. | Using Holograms for visualizing and interacting with educational content in a Teaching Factory | Menyelidiki potensi penggunaan hologram sebagai teknologi utama untuk menyampaikan konten pendidikan dalam Pengajaran. |

| Penulis | Judul Artikel | Tujuan |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carla Victoria Ramirez-Lopez, Leticia Castano, Patricia Aldape, Santa Tejada [21]. | Telepresence with hologram effect: Technological ecosystem for distance education | Mengusulkan elemen-elemen kunci untuk pengajaran kursus jarak jauh secara sinkron menggunakan ekosistem teknologi. |
| Yayan Carlian, Sukma Mir'ayatul Hayati, dan Inne Marthyane Pratiwi [3]. | 3D Hologram: An Alternative Media for Learning Science in Elementary School in the Post-COVID-19 Period | Mengembangkan hologram 3D yang efektif digunakan di periode pasca-COVID-19 dengan mendapatkan skor kelayakan dan respon dari pengguna. |
| Rizal Muhaimin, Ghauts Mannah Aji Abdillah, Devi Mariya Sulfa, Delia Mandandari, Coryan Wira Christian, Deny Setiawan [22]. | D Holo-Learning Based on Holograms as an Interactive Learning Media for High School Students in Malang District | Mengembangkan dan menguji media pembelajaran interaktif berbasis hologram 3D untuk siswa SMA, khususnya pada materi sistem saraf. |
| Almaz Sandybayev, Ahmed Saeed Jasim Ali Mohamed, Sulaiman Ahmed Ali Ahmadi [23]. | Digital education: Intensifying Emirati student's performance in the long run through hologram technology | Mengeksplorasi bagaimana pendidikan virtual, khususnya melalui teknologi hologram, dapat mempengaruhi retensi pengetahuan, keterlibatan siswa, dan prestasi akademik dalam jangka panjang, terutama di kalangan mahasiswa bisnis di UEA. |
| Husain Ghuloum [24]. | 3D Hologram Technology in Learning Environment | Memahami pentingnya teknologi 3D hologram dalam pendidikan, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahannya sebagai alat pengajaran, serta mengungkap hambatan yang mungkin dihadapi dalam mengintegrasikan teknologi ini ke dalam lingkungan belajar. |
| Khoo Shiang Tyng, Halimah Badioze Zaman, Ummul Hanan Mohamad, Azlina Ahmad [13]. | Evaluation of the Visual Learning Application for Mathematics using Holography Display for the topic on Shape and Space | Mengevaluasi efektivitas aplikasi pembelajaran visual menggunakan tampilan holografi untuk meningkatkan pemahaman siswa sekolah dasar. |

Tabel 1. Identifikasi artikel berdasarkan penulis, judul, dan tujuan Tabel 1 merupakan hasil tinjau berdasarkan tujuan dari penelitian. Temuan dari tinjauan ini menyatakan bahwa teknologi hologram dapat digunakan dalam proses pembelajaran di bidang pendidikan. Teknologi hologram dapat digunakan dalam pengembangan media pembelajaran yang interaktif berbasis hologram 3D. Selain itu dapat meningkatkan motivasi belajar dan daya tarik dalam proses pembelajaran.

Temuan dari penelitian [4] menyatakan bahwa dengan teknologi hologram dapat memberikan perspektif baru dalam menciptakan intervensi pendidikan yang membahas interaksi kompleks antara teknologi, peserta didik dan konteks pembelajaran yang diajarkan. Temuan dari penelitian [16] menyatakan bahwa dengan teknologi hologram berdampak signifikan meningkatnya

pengetahuan teoritis dan keterampilan praktis dan memberikan lingkungan belajar yang imersif dan interaktif. Dari hasil temuan tersebut merepresentasikan teknologi hologram dapat diterapkan dengan berbagai tujuan yang berbeda-beda untuk kemudahan dan perkembangan teknologi terkini di bidang pendidikan. Penggunaan teknologi hologram dalam pendidikan dapat menjadi tantangan baru untuk terus dikembangkan dan menjadi peluang bagi peneliti maupun praktisi untuk mengambil topik-topik penelitian baru yang bertujuan untuk kemajuan di bidang pendidikan.

Selanjutnya tahap tinjauan literatur dengan mengelompokkan berdasarkan kategori teknologi aplikasi yang digunakan pada setiap artikel dari 20 artikel terpilih. Hasil pengelompokan berdasarkan kategori aplikasi hologram yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Berdasarkan Kategori Aplikasi Hologram

| Aplikasi | Referensi |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 3D Hologram | [2], [3], [19], [20], [22], [23], [24], [14], [15], [16], [5] |
| Hololens | [17], [21] |
| Proyeksi piramida hologram | [8] |
| European Holocaust research Infrastructure (EHRI) dan Digital Apps | [4] |
| Scilab/Xcos | [12] |
| Alat visualisasi 3D stereoskopik dan autostereoskopik | [11] |
| Vuforia dan MargeCube | [9] |
| MEL-VIS | [13][18] |

Berdasarkan Tabel 2, aplikasi yang banyak digunakan dari artikel penelitian yang terpilih adalah 3D Hologram sebanyak 11 penelitian. *3D Hologram* banyak digunakan karena dapat meningkatkan daya tarik belajar siswa dengan visualisasi 3D terutama dalam bidang pendidikan medis dan mampu meningkatkan hasil belajar siswa [17]. Selain *3D Hologram* ada aplikasi lainnya yaitu, *Hololens* dan *Unity* yang merupakan komputer holografik (*Hololens*) yang dikolaborasikan dengan platform pengembangan *real-time* (*Unity*) untuk menciptakan ilustrasi 3D yang lebih menarik untuk meningkatkan minat belajar siswa.

Ada pula aplikasi proyeksi piramida hologram yang digunakan untuk menampilkan ilustrasi gambar berbentuk 3D dengan proyeksi piramida seperti gambar jantung, aplikasi ini menawarkan pengalaman belajar yang positif dan lebih memotivasi untuk belajar [16]. Selain tiga aplikasi tersebut masih banyak aplikasi yang digunakan dalam pengembangan teknologi hologram seperti aplikasi European Holocaust research Infrastructure (EHRI) dan *Digital Apps*, *Scilab/Xvos*, Alat visualisasi 3D stereoskopik dan autostereoskopik, *Vuforia* dan *MargeCube*, *MEL-VIS*. Tinjauan literatur selanjutnya mengelompokkan berdasarkan pendekatan algoritma yang digunakan dalam penelitian. Hasil tinjauan berdasarkan pendekatan algoritma yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Algoritma Hologram

| Algoritma | Referensi |
|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Proses Desain Interatif Agile Prototyping (IAP) | [2], [20], [21], [22] |
| Algorithmic Curation dan Theory Adaptation Model | [4], [11] |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Algoritma Machine Learning (ML), Partial Least Squares-Structural Equation Modeling (PLS-SEM) dan Importance-Performance Matrix Analysis (IPMA) | [5], [23], [24] |
| Pengukuran entropi shannon dari transformasi fourier spektrum suara | [15] |
| Transformasi format file dari STL ke FBX, dianalisis menggunakan skala michigan standard simulation experience scale (MiSSES) dan dianalisis secara statistik menggunakan PASW statistics for windows | [16], [17] |
| Algoritma kontrol simulasi dan visualisasi model | [12], [8], [14] |
| PIEMEL-VIS (Application Iteration-Evolution Development Model) | [18], [9] |
| Analisis matematik metaverse | [19], [13] |
| Model pengembangan borg dan gall | [3] |

Berdasarkan Tabel 3. Algoritma yang banyak digunakan dari artikel penelitian yang dipilih adalah Proses Desain Interatif *Agile Prototyping* (IAP) sebanyak 4 penelitian. Proses Desain Interatif *Agile Prototyping* (IAP) banyak digunakan karena metodologi yang sesuai berdasarkan pendekatan siklus pembuatan prototipe, pengujian, analisis, dan penyempurnaan produk, disetiap tahap proses desain [Youbin Kim dan Dong Yeong Lee]. Selain Proses Desain Interatif *Agile Prototyping* (IAP) ada aplikasi lain yaitu, Algoritma *Machine Learning* (ML), *Partial Least Squares-Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) dan *Importance-Performance Matrix Analysis* (IPMA). Proses desain tersebut merupakan teknik pemodelan persamaan struktural kuadrat terkecil dalam parsial untuk menganalisis performa matrix.

Adapula Algoritma kontrol simulasi dan visualisasi model yaitu kontrol sistem simulasi model dengan menggunakan visualisasi. Selain tiga algoritma tersebut masih banyak algoritma yang digunakan dalam pengembangan teknologi hologram sesuai dengan artikel terpilih yaitu, *Algorithmic Curation dan Theory Adaptation Model*, *PIEMEL-VIS (Application Iteration-Evolution Development Model)*, Analisis matematik metaverse, Transformasi format file dari STL ke FBX. Algoritma-algoritma tersebut dianalisis menggunakan skala *michigan standard simulation experience scale* (MiSSES) dan dianalisis secara statistik menggunakan *PASW statistics for windows*. Pengukuran entropi shannon dari transformasi fourier spektrum suara, dan Model pengembangan borg dan gall.

Penerapan teknologi hologram memiliki banyak keuntungan yang ditawarkan meskipun teknologi ini masih terus berkembang. Teknologi hologram dapat memastikan visualisasi yang detail untuk representasi sampai pada titik-titik terkecil yang memungkinkan siswa untuk memahami komponen yang lebih spesifik secara detail dan jelas. Perkembangan teknologi masa depan seperti hologram tergolong baru, yang dimulai dari awal penelitian sekitar tahun 1940-an.

Tujuan penerapan hologram pada bidang pendidikan yaitu untuk meningkatkan daya tarik belajar siswa dan membantu siswa untuk beradaptasi dengan teknologi 3D

hologram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi hologram dapat diterapkan dalam pendidikan, dengan peluang dan tantangan untuk penelitian lebih lanjut guna mengatasi keterbatasan dan mendefinisikan penerapannya.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini menilai teknologi hologram dalam pendidikan melalui tinjauan pustaka 2018-2024. Hasilnya menunjukkan potensi besar hologram untuk meningkatkan pembelajaran dengan visualisasi 3D, meski menghadapi tantangan seperti biaya tinggi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi potensi dan mengatasi keterbatasan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. W. Ismail dan M. A. Iman, "Implementation Of Natural Hand Gestures In Holograms For 3d Object Manipulation," *Virtual Real. Intell. Hardw.*, Vol. 5, No. 5, Pp. 439–450, 2023, Doi: 10.1016/J.Vrih.2023.02.001.
- [2] Y. Kim And D. Y. Lee, *3d Hologram Learning Kit Development For Elementary Education*, Vol. 12206 Lncs. Springer International Publishing, 2020. Doi: 10.1007/978-3-030-50506-6_32.
- [3] Y. Carlian, S. Mir'ayatul Hayati, And I. Marthyane Pratiwi, "3d Hologram: An Alternative Media For Learning Science In Elementary School In The Post-Covid-19 Period," *Kne Soc. Sci.*, Vol. 2024, Pp. 388–398, 2024, Doi: 10.18502/Kss.V9i8.15570.
- [4] S. Manca, J. E. Raffaghelli, And A. Sangrà, "A Learning Ecology-Based Approach For Enhancing Digital Holocaust Memory In European Cultural Heritage Education," *Heliyon*, Vol. 9, No. 9, 2023, Doi: 10.1016/J.Heliyon.2023.E19286.
- [5] S. A. Salloum, K. Alhumaid, A. M. Alfaisal, R. A. Aljanada, And R. Alfaisal, "Adoption Of 3d Holograms In Science Education: Transforming Learning Environments," *Ieee Access*, Vol. 12, No. April, Pp. 70984–70998, 2024, Doi: 10.1109/Access.2024.3402549.
- [6] J. Czaja *Et Al.*, "Does Immersive Virtual Reality With The Use Of 3d Holography Improve Learning The Anatomy Of The Heart?: Results Of A Preliminary Study," *Anatomia*, Vol. 2, No. 2, Pp. 156–164, 2023, Doi: 10.3390/Anatomia2020014.
- [7] M. Gopakumar *Et Al.*, "Full-Colour 3d Holographic Augmented-Reality Displays With Metasurface Waveguides," *Nature*, Vol. 629, No. 8013, Pp. 791–797, 2024, Doi: 10.1038/S41586-024-07386-0.
- [8] E. Fokides And I. A. Bampoukli, "Are Hologram-Like Pyramid Projections Of An Educational Value? Results Of A Project In Primary School Settings," 2024. Doi: 10.1007/S40692-022-00255-7.
- [9] J. Uribe, D. Harmon, B. Laguna, And J. Courtier, "Augmented-Reality Enhanced Anatomy Learning (A-Real): Assessing The Utility Of 3d Holographic Models For Anatomy Education," *Ann. 3d Print. Med.*, Vol. 9, Pp. 2022–2024, 2023, Doi: 10.1016/J.Stlm.2022.100090.
- [10] D. Dolega-Dolegowski *Et Al.*, "Application Of Holography And Augmented Reality Based Technology To Visualize The Internal Structure Of The Dental Root – A Proof Of Concept," *Head Face Med.*, Vol. 18, No. 1, Pp. 4–9, 2022, Doi: 10.1186/S13005-022-00307-4.
- [11] M. K. Ramlie, M. N. A. Aziz, N. H. Ibrahim, And F. Khalid, "Hologram Tutor: The 3d Visualization

- Technology Revolution In Education,” *Int. J. Acad. Res. Progress. Educ. Dev.*, Vol. 11, No. 3, Pp. 98–116, 2022, Doi: 10.6007/Ijarped/V11-I3/14279.
- [12] J. Matišák, M. Rábek, And K. Žáková, “Online Control Education Using 3d Holographic Visualisation,” *J. Autom. Mob. Robot. Intell. Syst.*, Vol. 14, No. 3, Pp. 42–47, 2020, Doi: 10.14313/Jamris/3-2020-32.
- [13] K. S. Tyng, H. B. Zaman, U. H. Mohamad, dan A. Ahmad, “Evaluation Of The Visual Learning Application For Mathematics Using Holography Display For The Topic On Shape And Space,” *Int. J. Informatics Vis.*, Vol. 7, No. 1, Pp. 249–257, 2023, Doi: 10.30630/Joiv.7.1.1679.
- [14] H. S. Zaghloul, “An Exploratory Study On The Use Of 3d Hologram Visualization In Egypt’s Educational Theater,” *Int. J. Educ. Inf. Technol.*, Vol. 14, Pp. 31–44, 2020, Doi: 10.46300/9109.2020.14.5.
- [15] M. W. Johnson, K. Alavi, And V. Holm-Janias, “Communicative Musicality, Learning And Energy: A Holographic Analysis Of Sound Online And In The Classroom,” *Postdigital Sci. Educ.*, Vol. 5, No. 2, Pp. 327–346, 2023, Doi: 10.1007/S42438-022-00355-8.
- [16] W. Li *Et Al.*, “Educational Value Of Mixed Reality Combined With A Three-Dimensional Printed Model Of Aortic Disease For Vascular Surgery In The Standardized Residency Training Of Surgical Residents In China: A Case Control Study,” *Bmc Med. Educ.*, Vol. 23, No. 1, Pp. 1–7, 2023, Doi: 10.1186/S12909-023-04610-9.
- [17] J. J. Gnanasegaram, R. Leung, And J. A. Beyea, “Evaluating The Effectiveness Of Learning Ear Anatomy Using Holographic Models,” *J. Otolaryngol. - Head Neck Surg.*, Vol. 49, No. 1, Pp. 1–8, 2020, Doi: 10.1186/S40463-020-00458-X.
- [18] K. Shiang Tyng, H. Badioze Zaman, U. Hanan Mohamad, And A. Ahmad, “Perceived Ease Of Use On Visual Learning Application For Mathematics Using Holography Display For The Topic On Shape And Space,” *F1000research*, Vol. 12, No. May, P. 636, 2023, Doi: 10.12688/F1000research.133177.1.
- [19] P. Onu, A. Pradhan, dan C. Mbohwa, *Potential To Use Metaverse For Future Teaching And Learning*, Vol. 29, No. 7. 2024. Doi: 10.1007/S10639-023-12167-9.
- [20] D. Mavrikios, K. Alexopoulos, K. Georgoulas, S. Makris, G. Michalos, And G. Chryssoulouris, “Using Holograms For Visualizing And Interacting With Educational Content In A Teaching Factory,” *Procedia Manuf.*, Vol. 31, Pp. 404–410, 2019, Doi: 10.1016/J.Promfg.2019.03.063.
- [21] C. V. Ramirez-Lopez, L. Castano, P. Aldape, And S. Tejeda, “Telepresence With Hologram Effect: Technological Ecosystem For Distance Education,” *Sustain.*, Vol. 13, No. 24, Pp. 1–17, 2021, Doi: 10.3390/Su132414006.
- [22] R. Muhaimin *Et Al.*, “3d Holo-Learning Based On Holograms As An Interactive Learning Media For High School Students In Malang District,” Pp. 463–468, 2024.
- [23] A. Sandybayev, A. S. J. Ali Mohamed, And S. A. Ali Ahmadi, “Digital Education: Intensifying Emirati Student’s Performance In The Long Run Through Hologram Technology,” *J. Adv. Humanit. Soc. Sci.*, Vol. 6, No. 4, Pp. 138–146, 2020, Doi: 10.20474/Jahss-6.4.3.
- [24] H. Ghuloum, “3d Hologram Technology In Learning Environment,” *Proc. 2010 Insite Conf.*, Pp. 693–704, 2010, Doi: 10.28945/1283.