

Analisis Pemanfaatan Animasi 3D Interaktif pada Pembelajaran Tulang Manusia

Lisana Lisana¹

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya, Surabaya, Indonesia

Corresponding author: Lisana Lisana (e-mail: lisana@staff.ubaya.ac.id).

ABSTRACT This study investigates the utilization of an interactive 3D animation in learning biology among high school students in Indonesia. The specific topic chosen in this research was human bone structure. An interactive 3D application was further developed using Unity and can be used as a tool for the targeted students to get a good experience in their learning process. Thirty volunteer students were invited to participate in the research and divided into two groups containing fifteen students each. The first group (control group) students had to learn the human bone structure using books. In contrast, students in the second group (experiment group) adopted the developed 3D animation as their new learning method. The statistical testing, an independent t-test, was then executed to determine whether students who adopted the 3D animation could obtain better scores than the ones who used ordinary books. Meanwhile, a self-administered questionnaire was delivered to examine students' level of satisfaction based on the Hedonic Motivation System Adoption Model (HMSAM). The results confirmed the impact of interactive 3D animation usage on students' level of understanding in learning human bone structure, which leads to higher scores. In addition, the findings showed that students get high satisfaction in using a 3D application in terms of enjoyment, usefulness, ease of use, controllability, and behavior intention.

KEYWORDS 3D animation, Biology, Interactive, Learning

ABSTRAK Penelitian ini bertujuan menganalisa pemanfaatan animasi 3D interaktif dalam pembelajaran Biologi pada siswa SMA di Indonesia. Adapun topik yang dipilih dalam penelitian ini adalah struktur tulang manusia. Penelitian dilakukan dengan bantuan sebuah aplikasi 3D interaktif yang dikembangkan dengan menggunakan Unity. Aplikasi ini digunakan siswa sebagai alat untuk mendapatkan pengalaman yang baik dalam proses belajar mereka. Tiga puluh siswa dengan sukarela berpartisipasi dalam penelitian ini yang dibagi menjadi dua kelompok masing-masing terdiri dari lima belas siswa. Kelompok pertama adalah kelompok kontrol dimana siswa harus mempelajari struktur tulang manusia dengan menggunakan buku. Sebaliknya, siswa pada kelompok kedua yaitu kelompok eksperimen akan belajar dengan mengadopsi animasi 3D sebagai metode pembelajaran yang baru. Pengujian statistik, t-test independen, dilakukan untuk menentukan apakah siswa yang belajar dengan mengadopsi animasi 3D dapat memperoleh skor yang lebih baik daripada siswa yang menggunakan buku biasa. Selain itu, siswa diminta untuk mengisi kuesioner yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan siswa terhadap penggunaan aplikasi animasi 3D dengan menggunakan Hedonic Motivation System Adoption Model (HMSAM). Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa penggunaan animasi 3D interaktif dapat meningkatkan pemahaman siswa dalam mempelajari struktur tulang manusia, dimana mempunyai nilai rata-rata yang lebih tinggi. Selain itu, hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa siswa mendapatkan kepuasan yang tinggi dalam menggunakan aplikasi animasi 3D terutama dalam hal kenyamanan, kegunaan, kemudahan untuk digunakan, pengendalian, serta niat perilaku siswa untuk terus menggunakan aplikasi animasi 3D.

KATA KUNCI Animasi 3D, Biologi, Interaktif, Pembelajaran

I. PENDAHULUAN

Media pembelajaran merupakan salah satu komponen penting dalam menentukan kesuksesan proses belajar mengajar siswa [1]. Adapun media pembelajaran yang masih banyak dipakai oleh sebagian besar sekolah saat ini adalah buku yang menyajikan materi secara statis [2]. Meskipun buku dianggap cukup efektif untuk digunakan dalam pembelajaran akan tetapi mempunyai kelemahan yaitu ketidakmampuan buku dalam memvisualisasikan beberapa materi terutama untuk mata pelajaran sains, yang mengakibatkan proses pembelajaran tidak berjalan secara optimal [2], [3]. Biologi merupakan salah satu mata pelajaran sains yang utama dan penting yang harus dipelajari oleh siswa pelajar SMA. Salah satu materi pada mata pelajaran Biologi adalah susunan tulang pada manusia, dimana siswa dituntut untuk dapat memahami susunan anatomi tulang manusia yang sangat rumit. Selain itu, mereka juga harus mengenali posisi setiap bagian tulang dalam tubuh manusia beserta dengan fungsinya. Mempelajari semua konsep tersebut dengan hanya menggunakan grafik 2D dari buku akan membuat siswa merasa kesulitan.

Beberapa penelitian telah mengusulkan berbagai macam pendekatan dengan tujuan untuk meningkatkan tingkat pengetahuan kognitif siswa dalam mempelajari berbagai konsep pada mata pelajaran Biologi. Konsep flipped classroom diperkenalkan oleh [4] untuk meningkatkan prestasi dan retensi siswa. Beberapa cara lain yang dianggap efektif dan kreatif untuk mengajarkan materi Biologi adalah melalui paket pembelajaran multimedia [5], virtual reality [6], dan augmented reality [7]. Sebuah studi dari [8] juga menegaskan dampak penggunaan audiovisual pada peningkatan prestasi Biologi siswa. Selanjutnya, beberapa penulis juga menyatakan bahwa pembelajaran Biologi menggunakan animasi 2D dapat meningkatkan tingkat kognitif siswa [9], [10].

Meskipun semua penelitian yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya telah menawarkan beberapa metode inovatif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap pembelajaran Biologi, akan tetapi masih sedikit penelitian yang mengeksplorasi penggunaan animasi 3D interaktif. Terlebih lagi, tidak banyak penelitian yang membahas tentang adopsi animasi 3D dalam menciptakan proses pembelajaran yang lebih efektif dan menyenangkan bagi siswa SMA, terutama dalam memvisualisasikan struktur tulang manusia sebagai salah satu materi penting dalam mata pelajaran Biologi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menjawab dua pertanyaan berikut:

1. Apakah adopsi animasi 3D interaktif dapat meningkatkan pemahaman siswa dalam pembelajaran materi Biologi.
2. Bagaimana tingkat kepuasan siswa dalam menggunakan animasi 3D interaktif yang meliputi kegunaan (*usefulness*), kemudahan digunakan (*ease of use*), kenyamanan (*enjoyment*), kontrol (*controllability*), dan keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*).

Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi secara keilmuan yang bertujuan untuk menganalisis dampak

penggunaan animasi 3D yang interaktif pada mata pelajaran Biologi SMA khususnya topik struktur tulang pada manusia.

II. Kajian Literatur

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan tujuan meningkatkan level pemahaman dari siswa dalam mempelajari materi Biologi. Sebagian besar penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode augmented reality (AR) dan virtual reality (VR). Adapun rangkuman dari seluruh penelitian tersebut dapat terlihat pada Tabel I.

TABEL I
PENELITIAN PEMBELAJARAN BIOLOGI

Peneliti	Tahun	Topik Penelitian	Metode
[3]	2021	Augmented Reality pada pembelajaran di bidang Kedokteran	Augmented Reality
[7]	2021	Augmented Reality untuk mendukung pembelajaran pada mata pelajaran Sains	Augmented Reality
[11]	2021	Potensi penggunaan Augmented Reality berbasis mobile pada pembelajaran anatomy tubuh manusia	Augmented Reality
[12]	2020	Aplikasi berbasis mobile untuk membantu pembelajaran anatomi tubuh manusia bagi siswa SD dengan menggunakan Augmented Reality	Augmented Reality
[13]	2020	Aplikasi interaktif berbasis Augmented Reality untuk pembelajaran anatomi tulang manusia	Augmented Reality
[14]	2022	Penelitian sistem pengajaran kerangka manusia berbasis Leap Motion	Virtual Reality
[15]	2021	Pendekatan konstruktivis dengan menggunakan Virtual Reality pada pengajaran anatomi	Virtual Reality
[6]	2019	Real-time body tracking berbasis Virtual Reality dengan menggunakan Vive tracker	Virtual Reality

Penelitian dalam konteks penggunaan animasi 3D dalam proses pembelajaran juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh [16] yang menunjukkan bahwa penggunaan 3D animation terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa dalam pembelajaran kimia untuk materi hidrokarbon. Penelitian lain juga membuktikan bahwa siswa yang menggunakan animasi 3D berbasis multimedia dalam pembelajaran materi fotosintesis mendapatkan nilai yang jauh lebih tinggi serta lebih dapat memahami materi dibandingkan dengan siswa yang menggunakan buku [17].

III. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan desain kuasi-eksperimen. Adopsi desain kuasi-

eksperimen dilakukan pada suatu kasus dimana kelompok eksperimen dan kontrol tidak dibentuk secara acak; sebaliknya, mereka dibentuk dengan kelas yang sudah ada [18]. Siswa yang berpartisipasi dibagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kontrol. Kelompok eksperimen akan melakukan proses belajar dengan menggunakan aplikasi 3D sedangkan kelompok kontrol menggunakan metode tradisional yaitu menggunakan buku. Untuk memastikan bahwa siswa pada tiap kelompok memiliki tingkat pengetahuan awal yang sama maka dilakukan pre-test.

Untuk mendukung penelitian yang dilakukan maka dikembangkan sebuah aplikasi animasi 3D interaktif pembelajaran struktur tulang pada manusia. Konten materi dari aplikasi dibuat dengan mengacu pada hasil observasi dan wawancara terhadap beberapa guru pengajar mata pelajaran Biologi di kelas XI. Aplikasi yang dihasilkan selanjutnya akan digunakan oleh siswa yang berada pada kelompok eksperimen. Setelah melakukan proses belajar struktur tulang maka akan dilakukan post-test pada kedua kelompok untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa.

Langkah terakhir adalah membuat kuesioner untuk menentukan tingkat kepuasan siswa dengan menggunakan Hedonic Motivation System Adoption Model (HMSAM) [19]. Tingkat kepuasan yang akan diukur berkaitan dengan: kegunaan (*usefulness*), kemudahan digunakan (*ease of use*), kenyamanan (*enjoyment*), kontrol (*controllability*), dan keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*).

IV. Hasil dan Pembahasan

Terdapat 30 siswa yang berpartisipasi pada penelitian ini yang semuanya merupakan siswa kelas XI. Siswa kemudian terbagi menjadi 2 kelompok, kelompok eksperimen dan kelompok control, yang masing-masing berisi 15 siswa. Adapun profil responden dari tiap kelompok dapat terlihat pada Tabel II.

A. Pengukuran Sebelum Pembelajaran

Pre-test dilakukan pada awal untuk memastikan siswa pada kedua kelompok mempunyai tingkat pemahaman yang sama. Hasil pre-test dari dua kelompok dapat terlihat pada Tabel III. Selanjutnya dari hasil pre-test tersebut dilakukan uji statistik independen t-test dimana hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak perbedaan rata-rata dari kelompok 1 dan kelompok 2.

TABEL II
PROFIL RESPONDEN

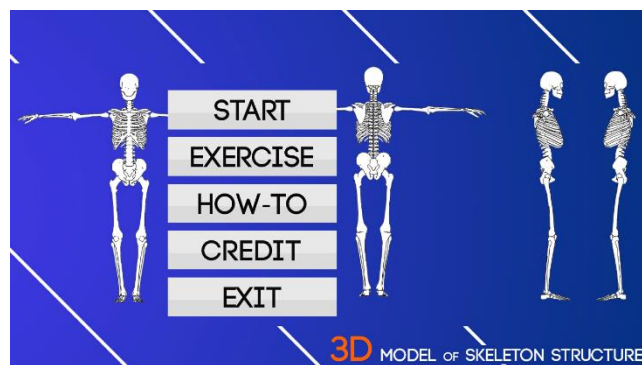
	Perempuan	Laki-Laki	Total
Kelompok Eksperimen	7	8	15
Kelompok Kontrol	5	10	15
Total	12	18	30

TABEL III
HASIL PRE-TEST

	Jumlah	Rata-rata	Std. Deviasi	Varian
Kelompok Eksperimen	15	63,333	9,759	95,238
Kelompok Kontrol	15	59,333	9,611	92,371

B. Pengembangan Aplikasi 3D Animation

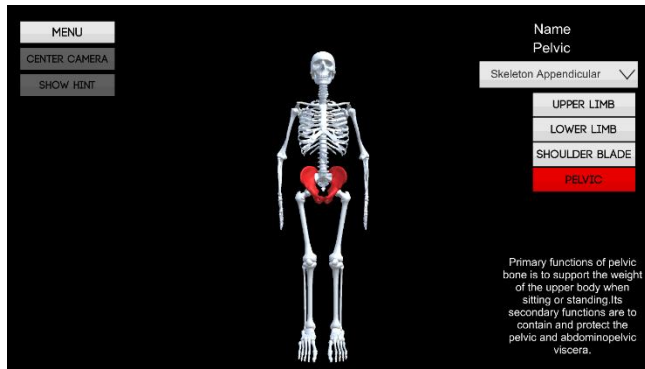
Selanjutnya siswa dari kelompok eksperimen akan melakukan proses belajar Biologi materi struktur tulang dengan menggunakan aplikasi animasi 3D yang interaktif yang telah dikembangkan sebelumnya. Adapun pengembangan aplikasi dilakukan dengan menggunakan beberapa software antara lain: (1) Unity yang digunakan untuk membuat program dan menyusun aset menjadi sebuah aplikasi; (2) 3DS Max yang digunakan untuk membuat seluruh aset 3D yaitu seluruh jenis tulang yang akan ditampilkan pada aplikasi; (3) Adobe Illustrator yang digunakan untuk membuat aset 2D yaitu berupa tombol, background, dan logo. Tampilan menu utama dari aplikasi animasi 3D yang dihasilkan dapat terlihat pada Gambar 1. Pada menu utama terdapat 5 pilihan yaitu: (i) Start untuk memulai belajar; (ii) Exercise untuk latihan soal; (iii) How-to untuk memandu penggunaan aplikasi; (iv) Credit; dan (v) Exit untuk keluar dari aplikasi.



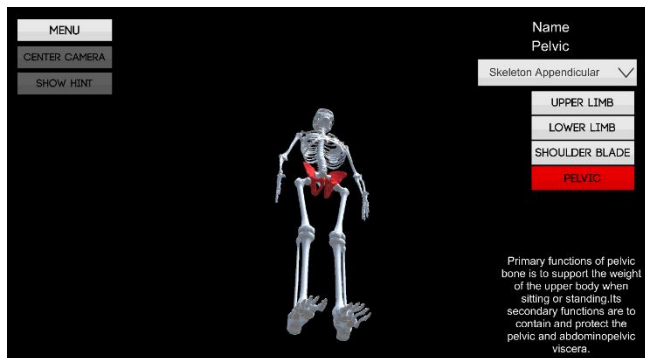
GAMBAR 1. Tampilan Menu Utama Aplikasi Animasi 3D

Sedangkan Gambar 2 menunjukkan tampilan apabila menu Start dipilih. Siswa dapat dengan mudah berinteraksi dengan aplikasi dengan cara memilih bagian dari tulang yang diinginkan baik dengan cara memilih langsung pada gambar 3D maupun lewat menu yang disediakan. Apabila siswa telah memilih tulang tertentu maka secara otomatis akan ditampilkan informasi lengkap dari tulang yang dipilih tersebut beserta nama latinnya serta informasi pendukung lainnya. Selain itu aplikasi juga menyediakan beberapa fitur yang menunjang pembelajaran seperti: zoom in dan zoom out untuk dapat lebih memperjelas gambar 3D yang ditampilkan; menggerakkan kamera ke segala arah dan memutar kamera secara 360° sehingga dapat menghasilkan animasi 3D.

Gambar 3 menunjukkan tampilan apabila gambar 3D diputar secara 360°.



GAMBAR 2. Tampilan Start Aplikasi



GAMBAR 3. Tampilan Kerangka yang Diputar

C. Pengukuran Setelah Pembelajaran

Setelah siswa dari kedua kelompok selesai melakukan proses belajar maka dilakukan post-test untuk mengukur tingkat pemahaman mereka. Terdapat 10 macam soal yang diberikan ke siswa dimana semua soal telah disesuaikan dengan soal yang diberikan oleh guru pengajar mata pelajaran Biologi di kelas XI. Rekap nilai hasil post-test kedua kelompok dapat terlihat pada Tabel IV. Kelompok eksperimen mendapatkan nilai rata-rata sebesar 83.333 dengan standar deviasi 9,759. Sedangkan kelompok kontrol mendapat nilai rata-rata sebesar 68 dengan standar deviasi 9,411.

Selanjutnya dilakukan uji statistik independen t-test. Hasil menunjukkan bahwa ada bukti yang cukup kuat untuk menyatakan bahwa rata-rata dari nilai kelompok eksperimen lebih baik dari rata-rata nilai kelompok kontrol. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan animasi 3D yang interaktif dapat meningkatkan pemahaman siswa terutama untuk materi struktur tulang pada manusia. Penemuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [16], [17], [19].

TABEL IV
HASIL POST-TEST

	Jumlah	Rata-rata	Std. Deviasi	Varian
Kelompok Eksperimen	15	83,333	9,759	95,238
Kelompok Kontrol	15	68	9,411	88,571

D. Pengukuran Tingkat Kepuasan

Setelah diketahui efektifitas dari penggunaan aplikasi animasi 3D maka selanjutnya dilakukan pengukuran tingkat kepuasan siswa terhadap aplikasi serta niat perilaku untuk menggunakan aplikasi dengan menggunakan kuesioner. Semua pernyataan pada kuesioner dibuat dengan mengacu pada metode Hedonic-Motivation System Adoption Model (HMSAM) [20]. Setiap pernyataan akan memiliki lima skala Likert yang menyatakan tingkat persetujuan siswa [21]. Adapun kelima skala Likert tersebut beserta nilai dari masing-masing dapat terlihat pada Tabel V.

TABEL V
SKALA PENGUKURAN

Skala Likert	Nilai
Sangat tidak setuju	1
Tidak setuju	2
Netral	3
Setuju	4
Sangat setuju	5

Terdapat 5 kategori kepuasan yang akan diukur pada penelitian ini yaitu: (1) kegunaan (*usefulness*); (2) kemudahan untuk digunakan (*ease of use*); (3) kenyamanan (*enjoyment*); (4) kontrol (*controllability*); dan (5) keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*). Jumlah serta pernyataan lengkap dari semua kategori dapat terlihat pada Tabel VI. Adapun siswa mengisi kuesioner tersebut adalah siswa yang berada pada kelompok eksperimen dikarenakan kelompok ini yang merasakan penggunaan dari aplikasi animasi 3D.

TABEL VI
KUESIONER

Kategori	Pertanyaan
Kegunaan (Usefulness)	PU1. Saya merasa aplikasi 3D berguna untuk saya
	PU2. Saya merasa aplikasi 3D membantu saya dalam memahami materi tulang pada manusia
	PU3. Saya dapat lebih mudah memahami materi dengan aplikasi 3D
	PU4. Aplikasi 3D dapat meningkatkan nilai saya
Kemudahan (Ease of use)	PEU1. Saya bisa dengan mudah menggunakan aplikasi 3D
	PEU2. Saya dapat dengan cepat menggunakan aplikasi 3D
	PEU3. Interaksi pada aplikasi 3D mudah dimengerti
	PEU4. Semua interaksi pada aplikasi 3D mudah dimengerti
Kenyamanan (Enjoyment)	PEJ1. Saya senang belajar melalui aplikasi 3D
	PEJ2. Belajar melalui aplikasi 3D sangat menyenangkan

	PEJ3. Belajar melalui aplikasi 3D tidak membosankan
	PEJ4. Saya mempunyai pengalaman yang menyenangkan belajar dengan aplikasi 3D
Kontrol (Control)	CTL1. Saya dapat mengontrol aplikasi 3D dengan mudah
	CTL2. Saya dapat belajar materi sesuai keinginan saya
	CTL3. Semua interaksi dapat saya kontrol dengan mudah
Keinginan (Behavior intention)	BI1. Saya akan sering menggunakan aplikasi 3D tulang
	BI2. Saya akan menggunakan aplikasi 3D tulang pada kesempatan mendatang
	BI3. Saya akan terus belajar dengan menggunakan aplikasi 3D tulang

Proses selanjutnya adalah melakukan pengecekan validitas dan reliabilitas dari data yang diperoleh. Validitas data diperiksa dengan menggunakan faktor analisis sedangkan reliabilitas dicek dengan menggunakan Cronbach's Alpha. Semua nilai kategori mempunyai nilai koefisien Cronbach's Alpha lebih dari 0.7 yang merupakan nilai batas bawah yang menandakan reliabilitas data sudah bisa diterima sesuai dengan pedoman dari [22]. Detail nilai koefisien Cronbach's Alpha pada semua kategori dapat terlihat pada Tabel VII.

TABEL VII
KOEFSIEN CRONBACH'S ALPHA

Kategori	Cronbach's Alpha	Interpretasi
Kegunaan (Usefulness)	0,929	Bagus Sekali
Kemudahan (Ease of use)	0,931	Bagus Sekali
Kenyamanan (Enjoyment)	0,814	Bagus
Kontrol (Controllability)	0,885	Bagus
Keinginan (Behavior intention)	0,800	Bagus

Selanjutnya dilakukan analisa terhadap kepuasan siswa terhadap aplikasi 3D dengan menggunakan hasil kuesioner. Proses perhitungan dilakukan dengan pembobotan terhadap masing-masing jawaban sesuai dengan pedoman yang disarankan oleh [23]. Tabel VIII merepresentasikan hasil perhitungan tingkat kepuasan siswa secara lengkap.

TABEL VIII
HASIL EVALUASI BERDASARKAN HMSAM

No	Kategori	Rata-rata
1	Kegunaan (Usefulness)	82,33%
2	Kemudahan (Ease of use)	81,63%
3	Kenyamanan (Enjoyment)	94,13%
4	Kontrol (Controllability)	73,33%
5	Keinginan (Behavior intention)	90,00%

Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut terlihat bahwa semua kategori mempunyai prosentase rata-rata di atas 70%. Kategori kenyamanan (*enjoyment*) merupakan faktor yang paling dirasakan oleh siswa dengan nilai prosentase terbesar yaitu 94,13%. Hal ini membuktikan bahwa siswa sangat merasakan kenyamanan pada saat belajar dengan menggunakan aplikasi 3D animasi. Hal ini mendukung hasil penelitian yang dilakukan oleh [21], [24]. Hasil lain juga menunjukkan bahwa siswa setuju bahwa mereka mempunyai keinginan (*behavior intention*) untuk menggunakan aplikasi 3D animasi untuk meningkatkan pengetahuan mereka pada mata pelajaran Biologi khususnya pada materi struktur tulang pada manusia, dengan prosentasi 90%. Untuk kategori kegunaan (*usefulness*) dan kemudahan untuk digunakan (*ease of use*) masing-masing mempunyai prosentase rata-rata 82,33% dan 81,63%. Sedangkan kepuasan siswa terhadap kemampuan aplikasi 3D untuk bisa dikontrol dengan mudah berada pada urutan terakhir yaitu dengan prosentasi rata-rata 73,33%.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi penggunaan aplikasi 3D animasi interaktif sebagai salah satu metoda yang inovatif untuk membantu siswa dalam memahami mata pelajaran Biologi khususnya materi struktur tulang pada manusia. Berdasarkan analisa dari hasil uji statistik independen t-test serta kuesioner diperoleh hasil bahwa aplikasi 3D animasi interaktif terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang materi struktur tulang pada manusia. Selain itu dari hasil analisa kuesioner ditemukan bahwa tingkat kepuasan tertinggi yang dirasakan siswa adalah pada kategori kenyamanan (*enjoyment*) yang dilanjutkan dengan kategori keinginan untuk menggunakan (*behavior intention*), kegunaan (*usefulness*), kemudahan digunakan (*ease of use*), dan yang terakhir adalah kontrol (*controllability*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. McGovern, G. Moreira, and C. Luna-Nevarez, "An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience?," *J. Educ. Bus.*, vol. 95, no. 7, pp. 490–496, 2020.
- [2] C. Weng, S. Otanga, S. M. Christianto, and R. J.-C. Chu, "Enhancing students' biology learning by using augmented reality as a learning supplement," *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 58, no. 4, pp. 747–770, 2020.
- [3] M. F. Hossain, S. Barman, N. Biswas, and A. K. M. B. Haque, "Augmented Reality in Medical Education: AR Bones," *2021 Int. Conf. Comput. Commun. Intell. Syst.*, pp. 348–353, 2021.
- [4] C. J. Adonu, C. R. Nwagbo, C. S. Ugwuanyi, and I. O. Okeke, "Improving students' achievement and retention in biology using flipped classroom and powerpoint instructional approaches: implication for physics teaching," *Int. J. Psychosoc. Rehabil.*, vol. 25, no. 2, pp. 234–247, 2021.
- [5] B. O. Akinbadewa and O. A. Sofowora, "The effectiveness of multimedia instructional learning packages in enhancing secondary school students' attitudes toward Biology," *Int. J.*

- Stud. Educ.*, vol. 2, no. 2, pp. 119–133, 2020.
- [6] P. Caserman, A. Garcia-Agundez, R. Konrad, S. Göbel, and R. Steinmetz, “Real-time body tracking in virtual reality using a Vive tracker,” *Virtual Real.*, vol. 23, no. 2, pp. 155–168, 2019.
- [7] G. Sontay and O. Karamustafaoglu, “Science Teaching with Augmented Reality Applications: Student Views about ‘Systems in Our Body’ Unit.,” *Malaysian Online J. Educ. Technol.*, vol. 9, no. 3, pp. 13–23, 2021.
- [8] E. Ibe and J. Abamu, “Effects of audiovisual technological aids on students’ achievement and interest in secondary school biology in Nigeria,” *Heliyon*, vol. 5, no. 6, p. e01812, 2019.
- [9] A. P. Utomo, L. Hasanah, S. Hariyadi, E. Narulita, N. Umamah, and others, “The Effectiveness of STEAM-Based Biotechnology Module Equipped with Flash Animation for Biology Learning in High School.,” *Int. J. Instr.*, vol. 13, no. 2, pp. 463–476, 2020.
- [10] L. Mnguni and D. Moyo, “An Assessment of the Impact of an Animation on Biology Students’ Visualization Skills Related to Basic Concepts of Mitosis,” *EURASIA J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 17, no. 8, p. em1997, 2021.
- [11] S. Dreimane and L. Daniela, “Educational potential of augmented reality mobile applications for learning the anatomy of the human body,” *Technol. Knowl. Learn.*, vol. 26, no. 4, pp. 763–788, 2021.
- [12] B. Sotelo-Castro and D. I. Becerra, “Human Body AR: A Mobile Application for Teaching Anatomy for Elementary Students Using Augmented Reality,” in *Iberoamerican Workshop on Human-Computer Interaction*, 2020, pp. 146–154.
- [13] J. Chagas, P. Santiago, and A. Conci, “BN Anatomy an Interactive Augmented Reality System for Learning Bone Anatomy,” *Proc. GET*, 2020.
- [14] Y. Feng, “Research on Human Skeleton Teaching System Based on Leap Motion,” *Acad. J. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, p. 2022.
- [15] J. H. Seo, E. Malone, B. Beams, and M. Pine, “Toward Constructivist Approach Using Virtual Reality in Anatomy Education,” in *Digital Anatomy*, Springer, 2021, pp. 343–366.
- [16] S. Zakir, E. Maiyana, A. N. Khomarudin, R. Novita, and M. Deurama, “Development of 3D Animation Based Hydrocarbon Learning Media,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1779, no. 1, p. 12008.
- [17] G. A. Bhutto, Z. Bhatti, S. Rehman, and S. Joyo, “Multimedia based learning paradigm for School going children using 3D Animation,” *Univ. Sindh J. Inf. Commun. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 202–207, 2018.
- [18] D. Sahin and R. M. Yilmaz, “The effect of Augmented Reality Technology on middle school students’ achievements and attitudes towards science education,” *Comput. & Educ.*, vol. 144, p. 103710, 2020.
- [19] I. P. Sari, F. C. Permana, F. H. Firmansyah, and A. H. Hernawan, “Computer-based learning: 3D visualization and animation as content development for digital learning materials for traditional Indonesian cloth (Songket Palembang),” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1987, no. 1, p. 12003.
- [20] J. Sampoerna, W. Istiono, and A. Suryadibrata, “Virtual Reality Game for Introducing Pencak Silat,” 2021.
- [21] E. Pramana, “Determinants of the adoption of mobile learning systems among university students in Indonesia,” *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 17, p. 365, 2018.
- [22] D. George, *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference, 17.0 update, 10/e*. Pearson Education India, 2011.
- [23] D. Daniel and G. Virginia, “Implementasi sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit dengan gejala demam menggunakan metode certainty factor,” *J. Inform.*, vol. 6, no. 1, 2010.
- [24] L. Lisana and M. F. Suciadi, “The Acceptance of Mobile Learning: A Case Study of 3D Simulation Android App for Learning Physics,” *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 15, no. 17, pp. 205–214, 2021.