

## Rancang Bangun Ensiklopedia Digital Mamalia Berbasis *Citizen Science Project* (CSP)

Fitri Aryanti<sup>1,2</sup>, Topik Hidayat<sup>1\*</sup>, Yayan Sanjaya<sup>1</sup>, Kusnadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pasundan, Bandung, Indonesia

\*Email: [topikhidayat@upi.edu](mailto:topikhidayat@upi.edu)

Info Artikel	Abstrak
Diterima: 22 April 2024 Direvisi: 19 Mei 2024 Diterima untuk diterbitkan: 31 Mei 2024	Teknologi telah banyak dimanfaatkan dalam proses pembelajaran dalam meningkatkan aksesibilitas dan interaktivitas sehingga dapat mendukung tujuan pembelajaran. Penelitian ini bertujuan membuat rancang bangun ensiklopedia digital mamalia berbasis <i>Citizen Science Project</i> (CSP) sebagai sumber belajar tambahan, dan mengetahui kelayakan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP. Perancangan ensiklopedia digital dilakukan dengan menggunakan MySQL untuk mengoperasikan sistem database dan menggunakan bahasa pemrograman PHP version 8.2.4. Penelitian ini merupakan pendekatan penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE yaitu <i>Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation</i> . Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara dan angket. Ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP divalidasi oleh ahli media dan ahli materi, dan ujicoba dilakukan terhadap 30 mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat valid dengan skor validasi ahli media sebesar 86% ahli media, dan skor validasi ahli materi sebesar 90%. Selain itu persentase nilai rata-rata ujicoba terhadap dosen sebesar 91,45%, dan nilai rata-rata ujicoba terhadap mahasiswa sebesar 89,91% yang termasuk pada kategori sangat baik. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP yang dikembangkan menunjukkan kelayakan untuk diimplementasikan pada perkuliahan zoologi vertebrata.
<b>Keywords:</b> <i>Citizen Science Project</i> , Ensiklopedia Digital, Mamalia	

© 2024 Fitri Aryanti. This is an open-access article under the CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sangat berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan manusia dan dapat dijadikan sebagai solusi inovatif dalam suatu permasalahan, diantaranya pemanfaatan teknologi dalam pendidikan yang semakin populer seperti penggunaan aplikasi *mobile*, *platform* pembelajaran daring atau pembelajaran interaktif (Munyemana *et al.*, 2023; Nugultham, 2018).



Penggunaan *Information and Communication of Technology* (ICT) menjadi bagian yang sangat penting dalam pembelajaran karena dapat meningkatkan aksesibilitas pendidikan dan sangat memungkinkan melakukan komunikasi, pertukaran informasi dan mendorong kegiatan kolaborasi untuk mempersiapkan generasi muda dalam menghadapi tuntutan masyarakat yang dapat berubah dengan cepat (El Hammoumi *et al.*, 2022; Sara *et al.*, 2021). ICT menawarkan banyak pilihan dalam menciptakan pembelajaran menjadi menarik untuk memfasilitasi kegiatan proses belajar (Ibrahimi *et al.*, 2023).

Perkuliahan zoologi vertebrata dilakukan melalui kombinasi tatap muka di kelas dan pengamatan lapangan. Pengamatan lapangan sangat penting karena dapat memberikan pengalaman bagi mahasiswa dalam melakukan identifikasi spesies dan pengambilan data lapangan lainnya. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan diperoleh beberapa permasalahan yaitu data hasil pengamatan di lapangan tidak terdokumentasikan dengan baik, memerlukan media digital sebagai sumber belajar tambahan yang dapat diakses dengan mudah, kerja sama dalam kelompok perlu ditingkatkan dalam membantu meningkatkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi.

Ensiklopedia digital merupakan bagian dari pemanfaatan ICT yang penggunaannya dilakukan secara *online*. Beberapa penelitian mengenai ensiklopedia menunjukkan bahwa 92,8% ensiklopedia digital kupu-kupu termasuk dalam kategori valid (Jayanti *et al.*, 2019). Penelitian ensiklopedia *mobile pteridophyte* menunjukkan 87,42% masuk dalam kategori baik dan layak digunakan dalam proses pembelajaran (Noviar, 2016). Penelitian mengenai ensiklopedia digital telah banyak dilakukan tetapi belum ada penelitian ensiklopedia digital berbasis CSP. CSP dapat memberikan kesempatan kepada setiap individu untuk menjadi *citizen scientist* yang berkontribusi dalam suatu penelitian ilmiah sehingga dapat diperoleh data hasil pengamatan yang dapat bermanfaat bagi masyarakat luas (Aristeidou *et al.*, 2022; Larson, 2020).

Data hasil pengamatan spesies di lapangan dapat diunggah kedalam *platform* ensiklopedia yang dapat diakses oleh setiap pengguna, dan ensiklopedia digital mamalia dapat membantu mengorganisasikan data yang dikumpulkan, memberikan informasi, dan meningkatkan dampak positif proyek. Kegiatan CSP melibatkan interaksi yang bermakna dan memberikan pengalaman kepada *citizen scientist* dalam kegiatan penelitian ilmiah dan berkontribusi dalam pengunggahan data, mendokumentasikan spesies, menyimpan dan penyebaran data (Land-zandstra *et al.*, 2021; Palumbo *et al.*, 2021; Kays *et al.*, 2017). Mahasiswa yang terlibat dalam rangkaian kegiatan CSP menjadi termotivasi dalam kegiatan pembelajaran dan dapat membangun kesadaran terhadap isu keanekaragaman hayati terutama yang berhubungan dengan hewan mamalia (Schneiderhan-Opel & Bogner, 2020; Young *et al.*, 2019). Indonesia memiliki keanekaragaman fauna yang tinggi tetapi mengalami penurunan keanekaragaman yang tinggi juga diantaranya mamalia 191 spesies (Setiawan, 2022; Ardiantiono *et al.*, 2024). Beberapa spesies mamalia di pulau Jawa diantaranya termasuk mamalia yang dilindungi, endemik, dan terancam secara global (IUCN dan CITES). Keberadaan mamalia yang sangat penting, dan pengetahuan mengenai keanekaragaman mamalia sangat diperlukan (Semiadi & Maharadatunkamsi, 2020). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk merancang dan mengembangkan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP sebagai sumber belajar tambahan pada mata kuliah zoologi vertebrata, dan mengetahui kelayakan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP.

## METODE

Penelitian ini merupakan pendekatan penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE yang terdiri dari lima tahap yaitu *analyze, design, development, implementation, evaluation*. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan observasi, wawancara dan angket. Secara umum tahapan pengembangannya diuraikan sebagai berikut:

### 1. Analisis (*Analyze*)

Tahap pertama dilakukan dengan mengidentifikasi masalah berdasarkan analisis kebutuhan pada proses pembelajaran zoologi vertebrata melalui analisis dokumen, observasi pembelajaran di kelas, wawancara dengan 10 mahasiswa, sosialisasi CSP beserta tahapan-tahapan kegiatan

CSP kepada mahasiswa.

## 2. Desain (*Design*)

Tahap kedua dengan membuat suatu desain berbantuan aplikasi *visio* dengan berdasarkan pada hasil analisis kebutuhan sehingga dirancang *flowchart*, mempersiapkan *storyboard* dan *script*, dan mengumpulkan referensi. *Flowchart* dirancang berdasarkan kebutuhan dan disesuaikan kegiatan CSP yang terdiri dari proses register, login, fitur menu materi mengenai mamalia, penjelasan CSP, FGD dan fitur unggah data spesies secara mandiri dan kelompok.

## 3. Pengembangan (*Development*)

Tahap ketiga berupa perwujudan dari desain yang telah dirancang pada tahap sebelumnya dengan membuat *prototipe* serta mengembangkan fitur-fitur yang telah didesain sehingga terbentuk produk berupa Ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP yang kemudian dilakukan validasi ahli. Produk dikembangkan dengan berdasarkan pada data-data yang diperoleh dalam tahapan kegiatan CSP diantaranya yaitu:

- a) *Focus Group Discussion* (FGD) bersama mahasiswa dengan narasumber yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas.
- b) Kegiatan lapangan dan mengidentifikasi mamalia secara berkelompok dan diperoleh data-data yang diperlukan diantaranya mengenai foto-foto spesies, data klasifikasi ilmiah, ciri-ciri morfologi setiap mamalia, habitat, status konservasi, dan peranan mamalia bagi kehidupan.
- c) Penyajian laporan hasil pengamatan kelompok baik secara lisan dan tertulis melalui kegiatan presentasi kelompok, serta mengunggah *mini project* kelompok berupa poster dalam upaya pelestarian dan perlindungan mamalia.

## 4. Implementasi (*Implementation*)

Tahap keempat merupakan kegiatan implementasi di kelas melalui ujicoba produk. Pada tahap ini, pengguna dapat melakukan proses penginputan data hasil pengamatan secara mandiri atau berkelompok dengan mengunggah foto-foto mamalia dilengkapi klasifikasi ilmiah, ciri-ciri morfologi, habitat dan status konservasinya.

## 5. Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi dengan melakukan refleksi pembelajaran dengan penggunaan ensiklopedia digital berbasis CSP yang telah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ketercapaian tujuan pembelajaran dalam memanfaatkan produk yang telah dirancang, dan berdasarkan pada hasil analisis responden terhadap penggunaan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP dapat dijadikan dasar untuk proses perbaikan produk.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari setiap tahap pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

## 1. Analisis (*Analyze*)

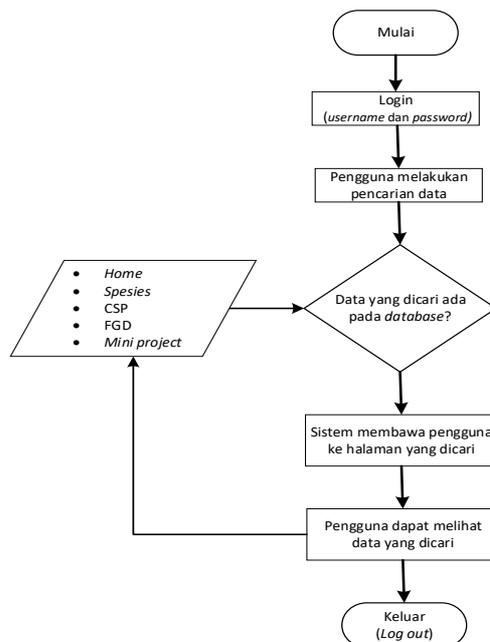
Tahap analisis melibatkan dosen dan mahasiswa dengan berdasarkan pada kebutuhan dan masalah yang dihadapi. Hasil wawancara menunjukkan bahwa media digital diperlukan untuk meningkatkan interaktivitas proses pembelajaran. 96,9% mahasiswa Pendidikan Biologi semester 5 menyatakan bahwa perlu adanya pengembangan sumber belajar berbasis digital. Selain itu, terdapat keterbatasan dalam mendokumentasikan hasil pengamatan lapangan sehingga diperlukan solusi efektif seperti penggunaan media yang dapat mendokumentasikan dan menyimpan data hasil pengamatan kegiatan lapangan, dan melalui media tersebut mahasiswa dapat melakukan proses penginputan data pengamatan secara mandiri, dapat melakukan proses unggah laporan dan proyek kelompok serta melakukan kegiatan interaktif. Kegiatan kerja sama perlu ditingkatkan untuk melatih keterampilan komunikasi dan kolaborasi melalui CSP yang dapat melibatkan ahli dan masyarakat untuk berkontribusi pada topik yang diteliti sehingga dapat menciptakan jaringan kolaboratif yang lebih luas. Berdasarkan hal tersebut, fitur yang dikembangkan pada produk ini berupa penjelasan mengenai zoologi vertebrata dan mamalia, kumpulan data-data spesies hasil pengamatan lapangan, tahapan kegiatan CSP, bagian unggah data spesies dan unggah data laporan kelompok. Fitur yang dikembangkan diharapkan mahasiswa dapat menganalisis keberadaan spesies terutama mamalia

dan peranannya terhadap lingkungan, mengidentifikasi spesies dengan berdasarkan pada ciri-ciri morfologi secara langsung maupun *online* dengan bantuan aplikasi, dan menyajikan data hasil pengamatan.

Tahap analisis ini sangat diperlukan pengumpulan informasi dari berbagai sumber yang dapat mendukung perancangan suatu produk (Almelhi, 2021). Hasil dari analisis kebutuhan dapat ditetapkan sebagai dasar bagi seluruh pembuatan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP, karena media digital yang dikembangkan merupakan suatu peluang yang menarik dan dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran dengan dilengkapi gambar, teks atau video sehingga dapat meningkatkan motivasi belajar (Skulmowski & Xu, 2022; Serevina *et al.*, 2018)

## 2. Desain (Design)

Tahap ini merancang secara garis besar ensiklopedia digital berdasarkan tujuan pembelajaran berupa *flowchart*, mempersiapkan *storyboard* dan *script* mamalia dan CSP, mengumpulkan referensi. *Flowchart* dirancang dengan berbantuan aplikasi *visio* berupa bentuk diagram alir dari ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP. *Flowchart* menggambarkan alur proses dalam sistem yang mengatur tata letak, struktur dan konten (Muslim *et al.*, 2022). *Flowchart* berisi pilihan penting dan percabangan atau alternatif-alternatif menu. Gambar 1 menunjukkan *flowchart* bagi pengguna (*user*) yang merupakan alur bagi pengguna ketika akan melakukan proses register, login dan melakukan pencarian data. *Flowchart* dirancang dengan tampilan yang sederhana sehingga mudah dalam penggunaannya (*user friendly*).



Gambar 1. Flowchart Pengguna (User)

## 3. Pengembangan (Development)

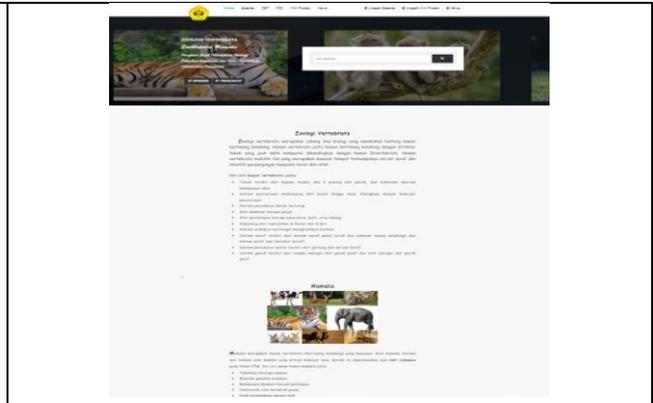
Tahap pengembangan bertujuan membuat dan memvalidasi materi yang diperlukan. Tahap pengembangan merupakan bentuk perwujudan dari rancangan *flowchart* yang telah ditentukan dalam bentuk yang lebih konkrit. Produk dikembangkan dengan menggunakan database MySQL dengan bahasa pemrograman PHP version: 8.2.4. MySQL (*My Structured Query Language*) yang merupakan sistem manajemen *database* bersifat *open-source*. Keunggulan penggunaan MySQL yaitu cepat, membantu dalam mengakses dan memproses data yang tersimpan dalam basis data, mempermudah identifikasi data dengan mengelompokkan data, mengurangi jumlah data ganda, mempermudah penggunaan bagi *user*, sebagai solusi alternatif untuk masalah penyimpanan ruang dalam aplikasi, dan didukung oleh berbagai bahasa *database server* MySQL (Hermiati *et al.*, 2021; Ramadhan & Mukhaiyar, 2020; Christudas, 2019). PHP (*Hypertext Preprocessor*) merupakan bahasa pemrograman

berbasis *web* yang memiliki kemampuan untuk memproses dan mengolah data secara dinamis, media pembelajaran dengan PHP dapat digunakan kapan saja dan di mana saja serta dapat melalui sistem operasi apa saja (Munthakhabah. R & Syafri, 2021).

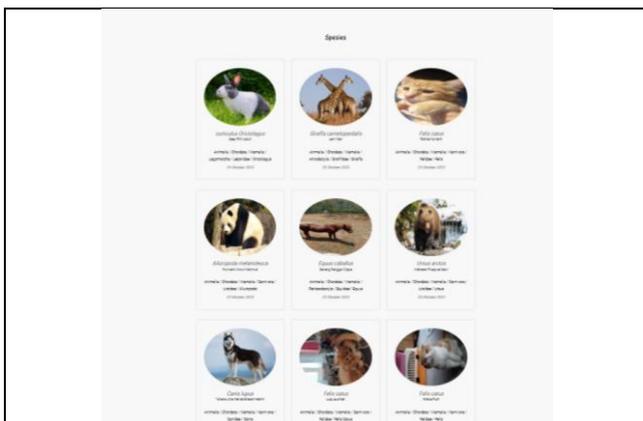
Fitur-fitur pada yang dikembangkan dalam ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP yaitu halaman *home* berisi konten mengenai mamalia, halaman spesies yang berisi kumpulan spesies mamalia, halaman CSP, halaman FGD, halaman *mini project*, halaman unggah spesies, halaman unggah *mini project*. Fitur-fitur yang dikembangkan adalah sebagai berikut:



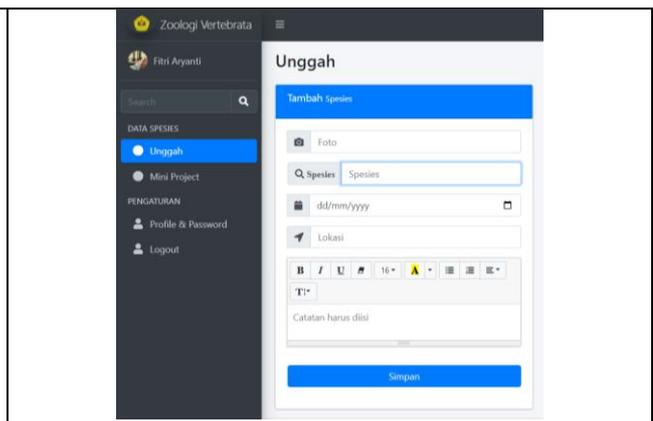
Gambar 2. Halaman Login



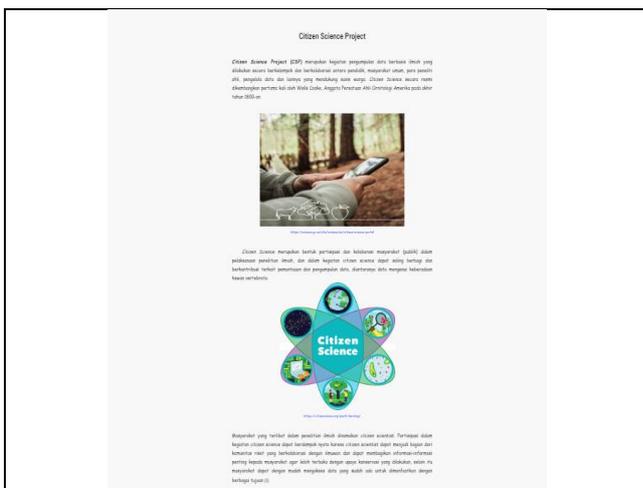
Gambar 3. Halaman Home



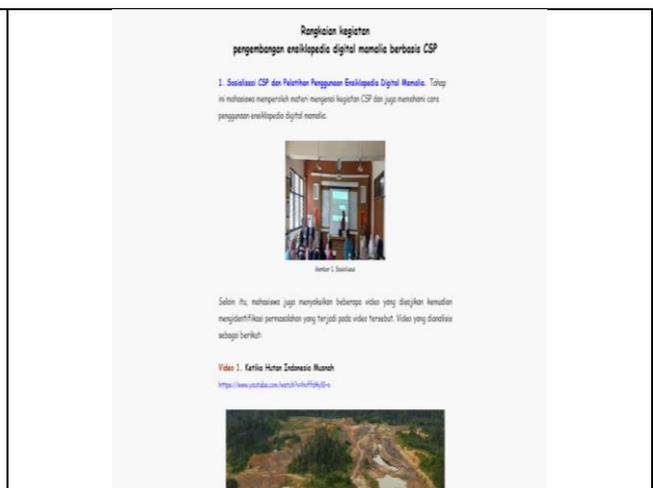
Gambar 4. Halaman Kumpulan Mamalia



Gambar 5. Halaman Unggah Spesies



Gambar 6. Halaman CSP



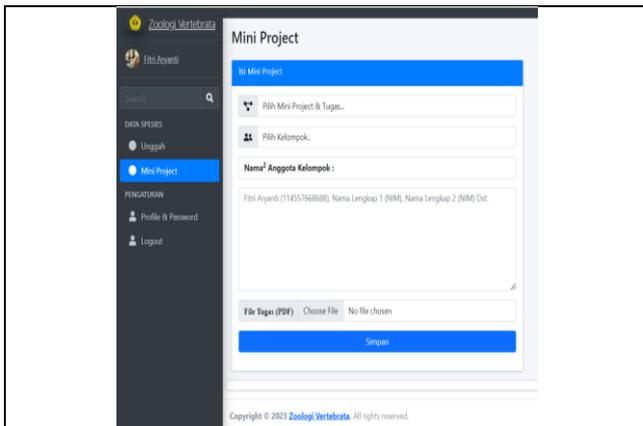
Gambar 7. Penjelasan Tahapan CSP



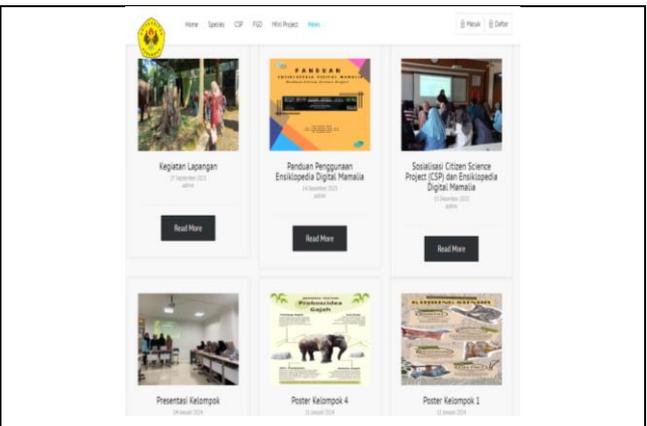
Gambar 8. Halaman FGD



Gambar 9. Kegiatan FGD

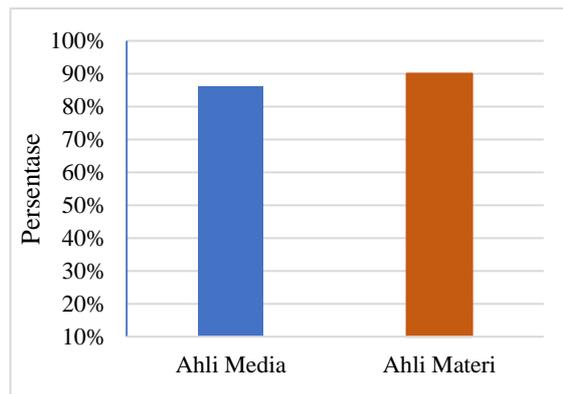


Gambar 10. Halaman Unggah Tugas



Gambar 11. Halaman Dokumentasi Kegiatan

Uji kelayakan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP melalui angket oleh ahli media dan ahli materi, dan hasil validasi dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil validasi menunjukkan bahwa ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP termasuk pada kategori sangat valid sehingga layak diterapkan dalam perkuliahan.



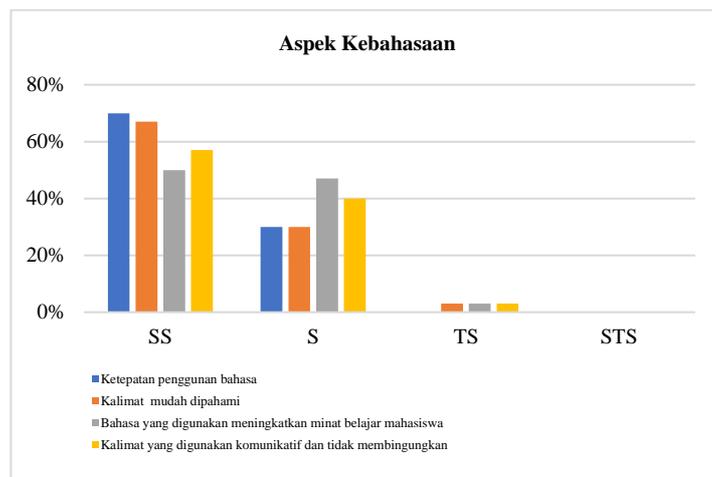
Gambar 12. Hasil Validasi

#### 4. Implementasi (Implementation)

Tahap implementasi dilakukan dengan ujicoba produk terhadap dosen dan 30 mahasiswa. Pada tahap ini mahasiswa yang telah melakukan perannya sebagai *citizen scientist* melakukan proses penginputan data hasil pengamatan mamalia di lapangan. Metode pengamatan mamalia di lapangan dapat dilakukan secara langsung dengan mengamati dan mencatat secara langsung hewan yang dijumpai (Aripin *et al.*, 2022). Kegiatan pengamatan di lapangan merupakan bagian dari rangkaian

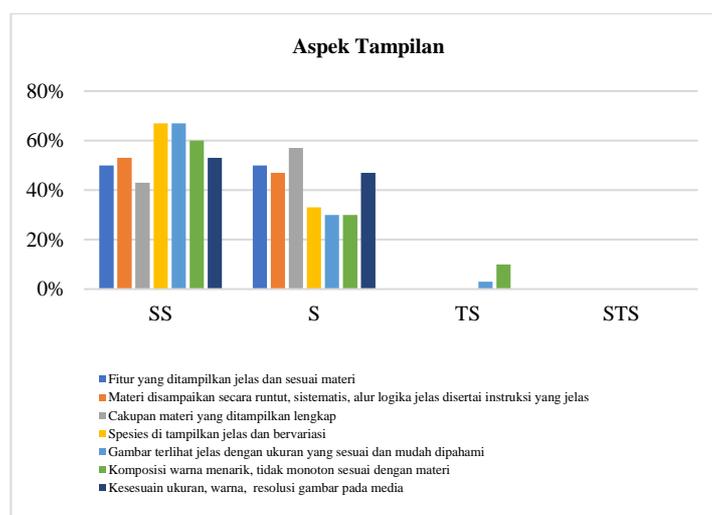
kegiatan CSP yang dilakukan secara berkelompok sehingga dapat melatih komunikasi dan kolaborasi mahasiswa, dan data hasil pengamatan spesies mamalia merupakan data yang akan diunggah pada ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP.

Hasil dari ujicoba dapat membantu meningkatkan kualitas produk yang dirancang secara menyeluruh, selain itu juga dapat memastikan bahwa produk tersebut sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dalam proses pembelajaran. Persentase nilai rata-rata ujicoba terhadap dosen sebesar 91,45%, dan nilai rata-rata ujicoba terhadap mahasiswa sebesar 89,91% yang termasuk pada kategori sangat baik. Pada tahap ini mahasiswa dapat mengakses semua fitur yang tersedia. Hasil uji coba pada Gambar 13 menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa memberikan respon sangat setuju dan setuju pada setiap indikator aspek kebahasaan yang digunakan. Sumber pembelajaran dapat dikatakan baik jika mempunyai konten yang relevan dan tepat, dapat meningkatkan minat belajar, dan mudah dipahami (Helendra *et al.*, 2018).



**Gambar 13.** Histogram Penilaian Aspek Kebahasaan

Aspek tampilan berdasarkan data pada Gambar 14 menunjukkan bahwa penilaian responden sebagian besar menyatakan sangat setuju dan setuju pada setiap indikator. Media digital yang dikembangkan harus dapat menampilkan konten yang akurat, komposisi warna menarik karena akan mempengaruhi daya tarik visual dan meningkatkan keterbacaan konten (Yuningsih *et al.*, 2022; Reyna *et al.*, 2018)

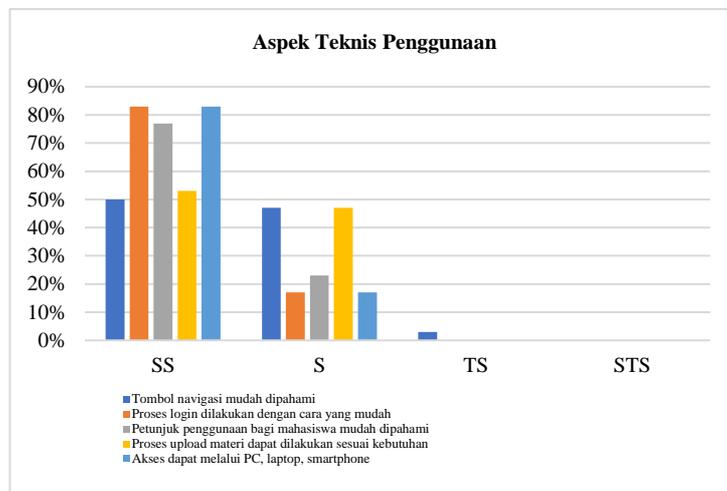


**Gambar 14.** Histogram Penilaian Aspek Tampilan

Aspek teknis penggunaan pada Gambar 15 menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mendapatkan kemudahan dalam melakukan register dan login, mengakses materi, proses unggah data

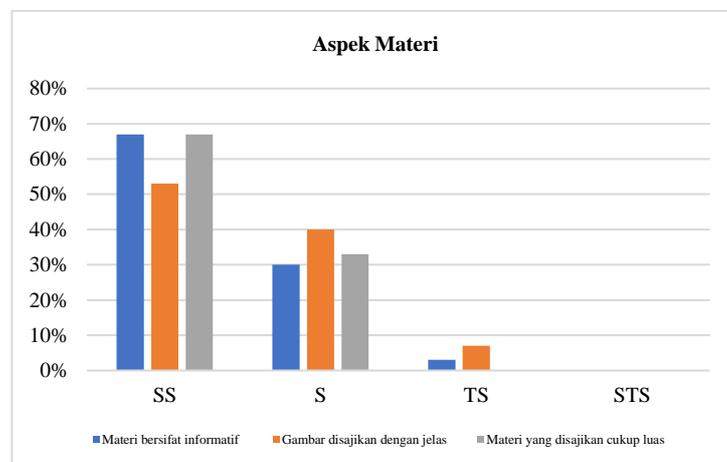
yang dapat dilakukan melalui *smartphone*, laptop atau PC.

*Smartphone* mempunyai potensi yang baik dan fleksibilitas sehingga dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran *online* (Arista & Kuswanto, 2018). Fitur-fitur yang tersedia dapat diakses dengan bantuan tombol navigasi yang merupakan komponen penting karena dengan adanya navigasi berpengaruh terhadap interaktivitas mahasiswa sebagai pengguna (Clarke, 2001)



**Gambar 15.** Histogram Penilaian Aspek Teknis Penggunaan

Aspek materi pada Gambar 16 menunjukkan bahwa materi yang disajikan bersifat informatif, diantaranya mengenai mamalia, *citizen science project* dan kegiatan *focus group discussion*. Kompleksitas materi yang disajikan dalam suatu media sangat berpengaruh bagi pengguna dan dapat memfasilitasi perolehan pengetahuan berdasarkan pada tujuan pembelajaran (Lau *et al.*, 2017).



**Gambar 16.** Histogram Penilaian Aspek Materi

## 5. Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui keberhasilan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP yang dikembangkan. Penilaian sampai sejauh mana ketercapaian tujuan pembelajaran dilakukan melalui angket dan catatan lapangan. Tahap ini merupakan suatu proses revisi berdasarkan pada hasil angket respon pengguna sehingga produk dapat diperbaiki untuk proses pengembangan dimasa depan. Berdasarkan data hasil implementasi diperoleh informasi sebagai acuan pengembangan untuk perbaikan, diantaranya melengkapi materi dengan komposisi warna menarik, memperjelas gambar dan foto yang diunggah oleh admin dan mahasiswa.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP yang dikembangkan termasuk kategori sangat valid dengan penilaian validasi ahli media sebesar 86% dan ahli materi 90%. Persentase nilai rata-rata uji coba terhadap dosen sebesar 91,45%, dan nilai rata-rata uji coba terhadap mahasiswa sebesar 89,91% yang termasuk pada kategori sangat baik. Penelitian ini menghasilkan ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP dengan kebaruan yang memanfaatkan partisipasi mahasiswa untuk berkontribusi dalam mengirimkan informasi data hasil pengamatan mamalia atau data mamalia yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari sehingga dapat meningkatkan kesadaran dan memotivasi mahasiswa serta mendorong kolaborasi dengan berbagai pihak untuk terlibat dalam menjaga keberadaan mamalia. Selain itu, mahasiswa dapat mengunggah data hasil pengamatan secara langsung dimana saja dan kapan saja secara *online*. Karakteristik ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP mencakup fitur-fitur yang khususnya memberikan informasi tentang mamalia yang telah diamati seperti morfologi, habitat, status konservasi dan peranannya. Ensiklopedia digital mamalia berbasis CSP dapat lebih dikembangkan menjadi lebih dinamis dilengkapi dengan materi, gambar atau video dari berbagai sumber yang relevan, serta diharapkan dapat membantu pengguna terutama mahasiswa dalam proses pembelajaran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP Universitas Pasundan dan Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) melalui Program Dana Beasiswa Penyelesaian Studi S3.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almelhi, A. M. (2021). Effectiveness of the ADDIE Model within an E-Learning Environment in Developing Creative Writing in EFL Students. *English Language Teaching*, 14(2), 20. <https://doi.org/10.5539/elt.v14n2p20>
- Ardiantiono, A., Margareth, I., & Pinondang, R. (2024). *Insights from 20 years of mammal population research in Indonesia Memahami 20 tahun penelitian populasi mamalia di Indonesia Artikel original dapat dibaca di* <https://doi.org/10.1017/S0030605323001539>. March. <https://doi.org/10.1017/S0030605323001539>
- Aripin, I., Hidayat, T., Rustaman, N., & Riandi, R. (2022). *Panduan Dasar Riset Biodiversitas Berbasis Citizen Science Project* (Issue November).
- Arista, F. S., & Kuswanto, H. (2018). Virtual physics laboratory application based on the android smartphone to improve learning independence and conceptual understanding. *International Journal of Instruction*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1111a>
- Aristeidou, M., Lorke, J., & Ismail, N. (2022). Citizen Science: Schoolteachers' Motivation, Experiences, and Recommendations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10340-z>
- Christudas, B. (2019). Practical Microservices Architectural Patterns. *Practical Microservices Architectural Patterns*, 877–884. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4501-9>
- Clarke, A. (2001). *Designing Computer-Based Learning Materials*.
- El Hammoumi, S., Zerhane, R., & Janati Idrissi, R. (2022). The impact of using interactive animation in biology education at Moroccan Universities and students' attitudes towards animation and ICT in general. *Social Sciences and Humanities Open*, 6(1), 100293. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100293>
- Helendra, H., Fadilah, M., & Arsih, F. (2018). The Effect of Using Evolution Textbook Based on ICT and Metacognitive on Cognitive Competence of Biology Students at State University of Padang. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012085>
- Hermiati, R., Asnawi, & Kanedi, I. (2021). Pembuatan E-Commrce pada Raja Komputer Menggunakan Bahasa Pemrograman PHP dan Database MYSQL. *Jurnal Media Infotama*,

17(1), 54–66.

- Ibrahimi, E., Saliaj, J., Berberi, S., & Damzi, E. (2023). How Do Albanian Biology Student-Teachers Make Use of ICT During Their Master Studies? *CEUR Workshop Proceedings*, 3402, 113–117.
- Jayanti, N., Widiyaningrum, P., Setiati, N., & Info, A. (2019). Journal of Innovative Science Education The Digital Encyclopedia of Butterflies in Jatibarang Reservoir as The Supplement of Biodiversity Teaching Material in Senior High. *Journal of Innovative Science Education*, 8(3), 264–270. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise/article/view/28515/12587>
- Kays, R., Baker, M., Costello, R., & Kays, R. (2017). Creating advocates for mammal conservation through citizen science. *Biological Conservation*, 208, 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.025>
- Land-zandstra, A., Agnello, G., & Gültekin Selman, Y. (2021). Participants in Citizen Science. In *The Science of Citizen Science*.
- Larson, L. R. (2020). The diverse motivations of citizen scientists: Does conservation emphasis grow as volunteer participation progresses? *Biological Conservation*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108428>
- Lau, K. H., Lam, T., Kam, B. H., Nkhoma, M., Richardson, J., & Thomas, S. (2017). The Role of Textbook Learning Resources in Elearning. *Computers and Education*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.005>.This
- Munthakhabah, R. C. St., & Syafri, F. (2021). Perancangan Perangkat Lunak Bantu Pembelajaran Mata Kuliah Perangkat Keras Berbasis Php. *Pepatudzu: Media Pendidikan Dan Sosial Kemasyarakatan*, 17(1), 62. <https://doi.org/10.35329/fkip.v17i1.1946>
- Munyemana, J. J., Nsanganwimana, F., & Gaparayi, G. (2023). Trends in Use of the Computer Assisted Instruction in Biological Sciences Education: A Systematic Literature Review. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(3), 551–557. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.3.1838>
- Muslim, S., Arum, A. ., & Fajarianto, O. (2022). View of Development of Information and Communication Technology Learning Media.pdf. *Journal of Educational Technology*, 24(3), 381–388.
- Noviar, D. (2016). Pengembangan Ensiklopedia Biologi Mobile Berbasis Android Materi Pokok Pteridophyta dalam Rangka Implementasi Kurikulum 2013. *Cakrawala Pendidikan*, 35(2), 198–207. <https://www.researchgate.net>
- Nugultham, K. (2018). *The advantages of Information and Communications and Technology (ICT) in Science Education*. 247(Iset), 16–21. <https://doi.org/10.2991/iset-18.2018.4>
- Palumbo, R., Manesh, M. F., & Sorrentino, M. (2021). Mapping the State of the Art to Envision the Future of Large-Scale Citizen Science Projects: An Interpretive Review. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 19(4), 1–25. <https://doi.org/10.1142/S0219877022300014>
- Ramadhan, R. F., & Mukhaiyar, R. (2020). Penggunaan Database Mysql dengan Interface PhpMyAdmin sebagai Pengontrolan Smarthome Berbasis Raspberry Pi. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 129–134. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.55>
- Ranuharja, F., Ganefri, G., Fajri, B. R., Prasetya, F., & Samala, A. D. (2021). Development of Interactive Learning Media Edugame Using Addie Model. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Pendidikan*, 14(1), 53–59. <https://doi.org/10.24036/tip.v14i1.412>
- Reyna, J., Hanham, J., & Meier, P. (2018). The Internet explosion, digital media principles and implications to communicate effectively in the digital space. *E-Learning and Digital Media*, 15(1), 36–52. <https://doi.org/10.1177/2042753018754361>
- Sara, E. H., Rajae, Z., & Idrissi, R. J. (2021). Pedagogical innovation on interactive graphic animations: Case study of synaptic transmission - 1st year baccalaureate degree, life and earth sciences, Morocco. *Social Sciences and Humanities Open*, 3(1), 100103. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2020.100103>
- Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2020). How fascination for biology is associated with

- students' learning in a biodiversity citizen science project. *Studies in Educational Evaluation*, 66(October 2019), 100892. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100892>
- Semiadi, G., & Maharadatunkamsi, D. (2020). *Status Konservasi Mamalia P Jawa* (Issue January 2021). <https://www.researchgate.net/publication/348841007>
- Serevina, V., Unaryo, Raihanati, Astra, I. M., & Sari, I. J. (2018). Development of e-module based on Problem Based Learning (PBL) on Heat and Temperature to improve student's science process skill. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology* –, 17(3), 26–36.
- Setiawan, A. (2022). Keanekaragaman Hayati Indonesia: Masalah dan Upaya Konservasinya. *Indonesian Journal of Conservation*, 11(1), 13–21. <https://doi.org/10.15294/ijc.v11i1.34532>
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: a New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 34(1), 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- Young, B. E., Dodge, N., Hunt, P. D., Ormes, M., Schlesinger, M. D., & Shaw, H. Y. (2019). Using citizen science data to support conservation in environmental regulatory contexts. *Biological Conservation*, 237(February), 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.016>
- Yuningsih, Y., Subali, B., & Susilo, M. J. (2022). Analogipedia: An Android-Based Module Utilizing PBL Model Based on Analogical Approach to Improve Students' Creativity. *Anatolian Journal of Education*, 7(1), 45–56. <https://doi.org/10.29333/aje.2022.714a>