

PENGEMBANGAN GAME PENGENALAN AKSARA BALI DENGAN INTEGRASI FITUR ARTIFICIAL INTELLIGENCE

I Kadek Raditya Adhi, Nengah Widya Utami, Jauzaa Maylia Suhendro

Sistem Informasi, Universitas Primakara

Jl. Tukad Badung No.135, Renon, Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali

adhizone48@gmail.com

ABSTRAK

Pelestarian Aksara Bali memerlukan media pembelajaran yang lebih interaktif karena media konvensional cenderung bersifat pasif dan kurang menarik bagi generasi muda. Permasalahan tersebut mendorong pengembangan media literasi nonformal berbasis teknologi digital. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *game* android pengenalan Aksara Bali yang terintegrasi dengan *Artificial Intelligence* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai media literasi di luar sekolah. Metode penelitian menggunakan *Game Development Life Cycle* (GDLC) dengan tahapan inisiasi, pra-produksi, produksi, *testing*, *beta*, dan rilis. Model CNN dilatih menggunakan dataset sebanyak 3.400 citra Aksara Bali, kemudian dikonversi ke format ONNX dan diintegrasikan ke dalam *game* berbasis Unity menggunakan *Barracuda API* sebagai fitur penulisan Aksara Bali. Evaluasi dilakukan melalui pengujian *black-box*, *Concurrent Think-Aloud* (CTA), dan *System Usability Scale* (SUS). Hasil penelitian menunjukkan seluruh fitur *game* berjalan dengan baik dan memperoleh skor SUS rata-rata sebesar 82 yang termasuk kategori sangat baik (*Grade A*), sehingga *game* yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif Aksara Bali.

Kata kunci : Aksara Bali, Media Literasi, Game Android, Convolutional Neural Network, GDLC

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi mendorong pemanfaatan media digital dalam bidang pendidikan dan pelestarian budaya. Media digital memungkinkan penyajian materi pembelajaran secara visual dan interaktif sehingga lebih menarik serta mudah diakses oleh generasi muda [1]. Dalam konteks budaya lokal Bali, pemanfaatan teknologi digital berpotensi menjadi sarana strategis untuk mendukung literasi dan pelestarian warisan budaya.

Penggunaan Aksara Bali dalam kehidupan sehari-hari semakin berkurang dan cenderung terbatas pada konteks tertentu, seperti kegiatan adat dan pendidikan formal. Perubahan sosial dan dominasi bahasa Indonesia serta bahasa asing menyebabkan rendahnya minat generasi muda untuk mempelajari Aksara Bali secara mandiri di luar sekolah [2]. Media pembelajaran yang masih didominasi oleh pendekatan konvensional dan pasif dinilai kurang efektif dalam meningkatkan keterlibatan pengguna [3].

Pemerintah Provinsi Bali telah menetapkan Peraturan Daerah Provinsi Bali Nomor 4 Tahun 2020 dan Peraturan Gubernur Bali Nomor 80 Tahun 2018 sebagai upaya perlindungan dan pelestarian bahasa serta aksara daerah. Regulasi tersebut mendorong pemanfaatan teknologi digital sebagai media literasi, tidak hanya dalam pembelajaran formal tetapi juga sebagai media literasi nonformal di luar sekolah [4].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa media digital dan *game* edukasi mampu meningkatkan minat serta pemahaman pengguna terhadap Aksara Bali [2]. Selain itu, teknologi seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) terbukti efektif dalam pengenalan tulisan tangan aksara tradisional dengan tingkat

akurasi yang baik [5]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pembelajaran formal dan belum mengintegrasikan CNN secara langsung ke dalam mekanisme permainan sebagai media literasi nonformal.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan *game* Carakoo: Bentuk & Tulis Aksara Bali berbasis Android sebagai media literasi Aksara Bali di luar sekolah. *Game* ini mengintegrasikan kecerdasan buatan berbasis CNN dalam format ONNX ke dalam Unity menggunakan *Barracuda API* untuk mengenali tulisan tangan Aksara Bali. Pengembangan dilakukan menggunakan metode *Game Development Life Cycle* (GDLC), sedangkan evaluasi sistem dilakukan melalui *Black box Testing* serta pengujian *usability* menggunakan *Concurrent Think-Aloud* (CTA) dan *System Usability Scale* (SUS) untuk menilai kelayakan penggunaan aplikasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu berjudul “Implementasi Metode *Convolutional Neural Network* Pada Pengenalan Aksara Bali Berbasis Game Edukasi” menerapkan CNN dan *backpropagation* untuk mengenali tulisan Aksara Bali pada *game* edukasi berbasis *website*. Aplikasi menerima input tulisan aksara dari pengguna, diproses melalui *preprocessing*, lalu dilakukan pelatihan klasifikasi. Hasilnya menunjukkan tingkat akurasi sebesar 81,3% serta memperoleh respon positif dari responden yang menguji aplikasi [5].

Penelitian lain berjudul “Media Pembelajaran Interaktif 2D untuk Mata Pelajaran Matematika Bangun Ruang” menggunakan metode *Game*

Development Life Cycle (GDLC) karena menyediakan alur pengembangan yang terstruktur dan sistematis (konseptualisasi, desain, pengembangan, pengujian, peluncuran), sekaligus menegaskan bahwa pengembangan *game* melibatkan banyak disiplin sehingga tidak dapat disamakan dengan metode seperti SDLC [6].

Berdasarkan dua penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan CNN pada pengenalan aksara dalam media edukasi sudah terbukti mampu melakukan klasifikasi dengan hasil yang baik, serta GDLC memberikan alur pengembangan yang terstruktur untuk menjaga kualitas *game* yang dibangun. Adapun kebaruan (*novelty*) penelitian ini dibandingkan penelitian terdahulu yang masih cenderung berfokus pada implementasi pengenalan berbasis *website* dan evaluasi berbasis akurasi/UAT serta masih dalam ranah pembelajaran formal, sehingga belum menekankan integrasi *model* ke dalam *gameplay* pada platform Android serta pengukuran *usability* secara lebih komprehensif dan nonformal. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan *game* Android berbasis Unity dengan integrasi CNN dengan format ONNX secara langsung pada fitur latihan menulis, serta evaluasi menggunakan *Black-box*, CTA, dan SUS untuk menilai kelayakan penggunaan sebagai media literasi nonformal.

2.2. Aksara Bali

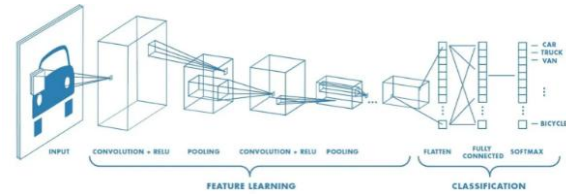
Aksara Bali merupakan sistem penulisan tradisional yang digunakan untuk menulis bahasa Bali dan berkembang dari pengaruh aksara India, khususnya Brahmi dan Karosti. Aksara Bali memiliki nilai historis, religius, dan kultural yang tinggi serta digunakan dalam berbagai konteks seperti sastra, dokumen adat, dan upacara keagamaan [7].

2.3. Game

Game merupakan sistem interaktif yang dirancang untuk memberikan pengalaman bermain melalui seperangkat aturan, tujuan, dan umpan balik. Dalam konteks pembelajaran dan pelestarian budaya, *game* dapat dimanfaatkan sebagai media yang menyampaikan nilai edukatif secara tidak langsung melalui mekanisme permainan dan interaksi pengguna [8].

2.4. Convolutional Neural Network (CNN)

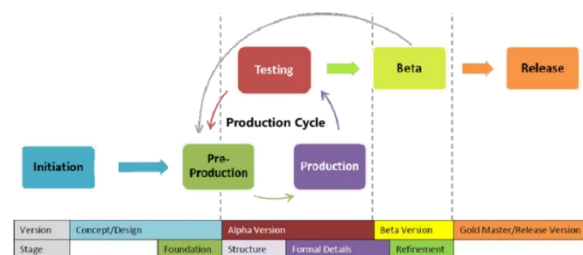
Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu metode *deep learning* yang efektif digunakan dalam pengolahan citra dan pengenalan pola visual. CNN mampu mengekstraksi fitur secara otomatis melalui lapisan konvolusi, *pooling*, dan *fully connected* sehingga banyak diterapkan dalam klasifikasi gambar seperti tulisan tangan seperti Aksara Bali [9].



Gambar 1. Lapisan CNN

2.5. Game Development Life Cycle (GDLC)

Game Development Life Cycle (GDLC) adalah metode pengembangan *game* yang digunakan untuk mengelola proses pembuatan *game* secara terstruktur, mulai dari tahap inisiasi, pra-produksi, produksi, *testing*, *beta*, hingga rilis [10]. Metode ini banyak digunakan dalam pengembangan *game* edukasi karena mampu menjaga konsistensi desain, fungsionalitas, serta kualitas pengalaman pengguna [11].



Gambar 2. Alur metode GDLC

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem dengan pendekatan *Game Development Life Cycle* (GDLC) untuk merancang dan mengembangkan *game* pengenalan Aksara Bali dengan fitur yang terintegrasi kecerdasan buatan.

3.1. Subjek dan Objek Penelitian

Objek penelitian berupa *game* berjudul Carakoo: Bentuk & Tulis Aksara Bali berbasis Android yang dikembangkan menggunakan Unity dan dilengkapi fitur pengenalan tulisan tangan Aksara Bali. Subjek penelitian adalah pengguna *game* yang berasal dari kalangan siswa sekolah dasar dan menengah pertama di Bali sebagai target pengguna aplikasi.

3.2. Dataset dan Implementasi CNN

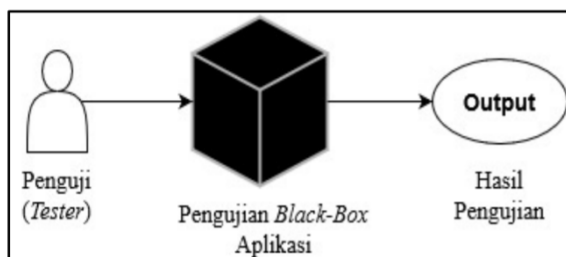
Dataset yang digunakan berupa citra Aksara Bali yang terdiri dari Aksara Wianjana, Pengangge Suara, dan Aksara Angka. *Dataset* tersebut digunakan untuk melatih *model* CNN dalam mengenali tulisan tangan Aksara Bali. *Model* hasil pelatihan kemudian dikonversi ke format *Open Neural Network Exchange* (ONNX) dan diintegrasikan ke dalam *game* menggunakan *Barracuda API* pada Unity, sehingga sistem mampu melakukan klasifikasi aksara secara langsung di dalam permainan.



Gambar 3. Alur implementasi CNN

3.3. Teknik Pengujian dan Evaluasi

Pengujian fungsional sistem dilakukan menggunakan metode *Black-box Testing* untuk memastikan seluruh fitur *game* berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang [12].

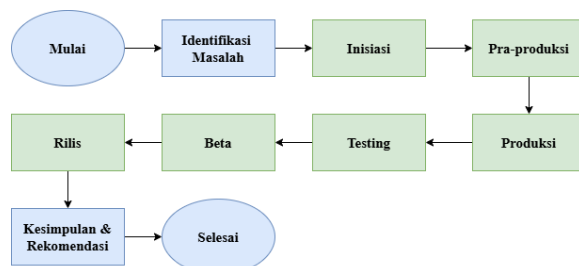


Gambar 4. Alur Black-box Testing

Selanjutnya, evaluasi *usability* dilakukan untuk menilai kemudahan dan kenyamanan penggunaan *game*. Evaluasi ini menggunakan metode *Concurrent Think-Aloud* (CTA) untuk memperoleh data kualitatif mengenai pengalaman pengguna [13]. Setelah CTA selanjutnya pengujian menggunakan *System Usability Scale* (SUS) sebagai instrumen kuantitatif yang terdiri dari 10 pernyataan dengan skala *likert* 1-5 poin untuk mengukur skor kemudahan dari penggunaan sistem. Skor SUS kemudian dihitung dan dikonversi ke dalam skala dari 0–100 untuk menentukan kategori *usability* berdasarkan nilai akhir yang didapatkan [14].

3.4. Alur Penelitian

Alur penelitian mengikuti tahapan *Game Development Life Cycle* (GDLC) yang dimulai dari identifikasi permasalahan dan penentuan tujuan pengembangan *game*, dilanjutkan dengan inisiasi, pra-produksi, dan produksi yang mencakup perancangan sistem serta integrasi *model CNN* ke dalam *game*. Setelah sistem dikembangkan, dilakukan pengujian fungsional dan evaluasi *usability* pada tahap beta untuk menilai kelayakan *game*, kemudian *game* dirilis dan hasil penelitian dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan dan rekomendasi.



Gambar 5. Alur penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Model CNN

Model CNN dikembangkan untuk mengenali tulisan tangan Aksara Bali berdasarkan citra masukan pengguna. *Model* terdiri dari tiga varian *model* untuk Aksara Wianjana, Pangangge Suara, dan Aksara Angka, yang dilatih menggunakan *platform* Teachable Machine dengan *dataset* pelatihan yang disusun sesuai masing-masing jenis aksara dengan total berjumlah 3.400 citra aksara.



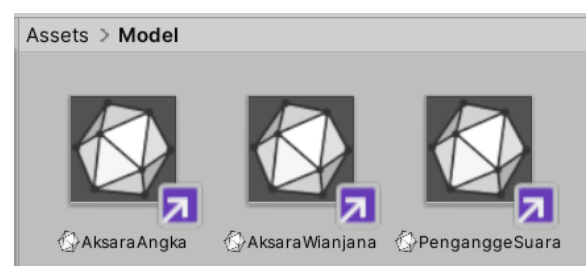
Gambar 6. Contoh dataset pelatihan

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa *model CNN* mencapai tingkat akurasi yang baik pada data pelatihan dan validasi, sehingga dinilai layak untuk digunakan dalam proses pengenalan tulisan tangan Aksara Bali.



Gambar 7. Hasil akurasi model

Model yang telah dilatih kemudian dikonversi ke format ONNX menggunakan *platform* Google Colab dan diintegrasikan ke dalam *game* berbasis Unity menggunakan *Barracuda API*. Integrasi ini memungkinkan proses inferensi tulisan Aksara Bali dilakukan secara langsung di dalam *game* tanpa memerlukan koneksi internet.

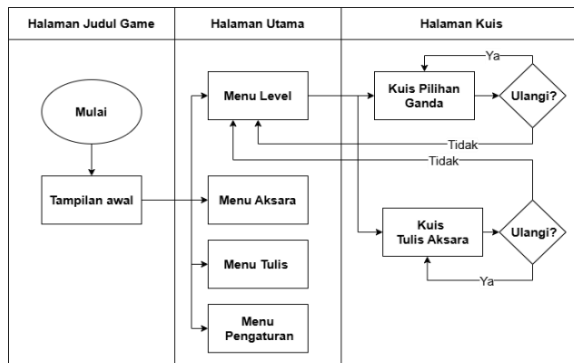


Gambar 8. Model ONNX di Unity

4.2. Pengembangan Game

Game dikembangkan sebagai media literasi Aksara Bali berbasis permainan dengan alur yang terstruktur dan bertahap. Alur permainan memungkinkan pengguna mengenal materi aksara,

melakukan latihan menulis, dan mengevaluasi pemahaman melalui kuis, dengan fokus pada kemudahan penggunaan serta integrasi fitur pengenalan tulisan tangan berbasis *model* CNN sebagai kontribusi utama penelitian.



Gambar 9. Alur permainan

Pengguna memulai interaksi dari halaman awal, kemudian mengakses fitur pembelajaran aksara, melakukan latihan menulis, dan diakhiri dengan evaluasi melalui kuis. Alur ini dirancang agar pengguna dapat belajar dan berlatih secara bertahap sesuai dengan tingkat pemahaman masing-masing.

Tabel 1. Antarmuka game

Gambar	Keterangan
	Halaman awal yang menampilkan identitas aplikasi serta menyediakan navigasi utama untuk memulai interaksi pengguna.
	Halaman pemilihan tahapan <i>level</i> pembelajaran kuis Aksara Bali.
	Halaman penyajian materi Aksara Bali yang dapat dipelajari pengguna. Terdiri dari 3 jenis aksara yang dipakai yakni Wianjana, Pengangge Suara dan Angka

Gambar	Keterangan
	Halaman latihan menulis Aksara Bali yang terintegrasi dengan <i>model</i> CNN untuk mengenali tulisan tangan dilengkapi dengan <i>feedback</i> ke pengguna langsung.
	Halaman pengaturan preferensi permainan seperti audio dan antarmuka.
	Halaman pembelajaran kuis untuk mengukur pemahaman pengguna. Terdapat 2 jenis kuis yaitu kuis pilihan ganda dan kuis tulis aksara

Antarmuka *game* yang disajikan pada Tabel 1 dirancang dengan tampilan sederhana dan konsisten untuk mendukung proses interaksi pengguna. Setiap halaman memiliki peran yang mendukung alur pembelajaran dan permainan secara keseluruhan, tanpa membebani pengguna dengan navigasi yang kompleks.

4.3. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional pada dilakukan menggunakan metode *black-box testing* oleh pengguna akhir untuk memastikan seluruh fungsi dan alur permainan berjalan sesuai dengan rancangan sistem. Pengujian mencakup fitur utama, meliputi proses menjalankan aplikasi, navigasi antar halaman, penyajian materi Aksara Bali, fitur latihan menulis dengan pengenalan berbasis CNN, fitur kuis, serta pengaturan permainan.

Tabel 2. Hasil pengujian Black-box

No	Pengujian	Hasil	Keterangan
1	Halaman Judul	Berhasil	Sistem berpindah dari halaman judul ke menu utama dengan stabil.
2	Pengaturan Audio	Berhasil	Panel pengaturan audio berfungsi dan perubahan volume diterapkan langsung.
3	Menu <i>Level & Progres</i>	Berhasil	<i>Level</i> terbuka dapat dimainkan, <i>level</i> terkunci tidak dapat diakses, progres dan trofi tersimpan.
4	Panel Bantuan	Berhasil	Slide bantuan dapat dinavigasi dan panel dapat ditutup dengan benar.
5	<i>Popup</i> Trofi	Berhasil	Popup pencapaian tampil dan opsi berbagi dapat diakses.
6	Navigasi Bilah Bawah	Berhasil	Navigasi antar menu utama berjalan konsisten.
7	Mode Aksara	Berhasil	Tab aksara tampil sesuai kategori dan audio diputar dengan benar.
8	Mode Tulis	Berhasil	Penulisan aksara, penghapusan, pemeriksaan, dan audio berjalan normal.
9	Penyimpanan Audio	Berhasil	Pengaturan audio tersimpan dan tetap aktif saat berpindah menu.
10	<i>Reset Game</i>	Berhasil	Dialog konfirmasi berfungsi dan progres <i>reset</i> sesuai pilihan.
11	Keluar Aplikasi	Berhasil	Dialog konfirmasi tampil dan aplikasi menutup sesuai pilihan.
12	Panel Kredit	Berhasil	Informasi kredit tampil dan dapat ditutup dengan normal.
13	Kuis Pilihan Ganda	Berhasil	Soal, penilaian, skor, nyawa, dan popup hasil berfungsi sesuai aturan.
14	Kuis Tulis Aksara	Berhasil	Area tulis, penghapusan, prediksi, dan umpan balik berjalan baik.
15	Panel Jeda Kuis	Berhasil	Menu jeda, kontrol audio, dan navigasi ulang/lanjut/menu berfungsi.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, seluruh fitur utama *game* dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang dirancang tanpa ditemukan kesalahan fungsional yang menghambat penggunaan sistem, sehingga *game* dinyatakan layak untuk dilanjutkan ke tahap evaluasi *usability*.

4.4. Evaluasi *Usability*

Evaluasi *usability* bertujuan untuk menilai kemudahan penggunaan, kejelasan alur permainan, serta kenyamanan interaksi pengguna terhadap *game* pada tahapan *beta*. Evaluasi dilakukan pada tahap beta menggunakan metode CTA dan SUS. Metode CTA dilakukan dengan melibatkan lima responden siswa SD-SMP yang menjalankan skenario penggunaan *game* sambil mengungkapkan persepsi dan kendala secara langsung.

Tabel 3. Hasil pengujian CTA

Responden	Temuan	Perbaikan
R01, R03	Tombol mulai kurang menonjol di halaman judul.	Menonjolkan tombol mulai.
R02, R03, R05	Indikator <i>tab</i> kategori aksara kurang jelas.	Menambahkan indikator <i>tab</i> aktif.
R01, R02, R04	Tombol audio pelafalan kurang terlihat.	Menonjolkan ikon audio.
R01, R02	Fungsi <i>slider</i> musik dan suara kurang dipahami.	Menambahkan ikon dan contoh bunyi.
R03, R05	Konfirmasi <i>reset progres</i> kurang dipahami	Memperjelas pesan konfirmasi.
R01, R02, R04	Tingkat kesulitan kuis terlalu tinggi.	Menyesuaikan jumlah nyawa pada kuis.
R02, R03, R05	Tujuan level tidak diketahui sebelum mulai.	Menampilkan tujuan level pada panel info.

Hasil CTA menunjukkan bahwa alur permainan secara umum dapat dipahami dengan baik, meskipun ditemukan beberapa permasalahan *minor* pada kejelasan antarmuka yang menjadi dasar perbaikan sebelum evaluasi kuantitatif menggunakan SUS. Setelah pengujian CTA, evaluasi *usability* dilanjutkan menggunakan SUS yang terdiri dari 10 pernyataan dengan skala *likert* 1–5.

Tabel 4. Pernyataan SUS

No	Pernyataan
Q1	Saya berpikir akan menggunakan sistem ini lagi.
Q2	Saya merasa sistem ini rumit untuk digunakan.
Q3	Saya merasa sistem ini mudah untuk digunakan.
Q4	Saya membutuhkan bantuan dari orang lain atau teknisi dalam menggunakan sistem ini.
Q5	Saya merasa fitur-fitur sistem ini berjalan dengan semestinya.
Q6	Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi) pada sistem ini.

No	Pernyataan
Q7	Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan sistem ini dengan cepat.
Q8	Saya merasa sistem ini membingungkan.
Q9	Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan sistem ini.
Q10	Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan sistem ini.

Kuesioner SUS disebarluaskan melalui Google Form dan diisi secara mandiri oleh 30 responden setelah menggunakan aplikasi.

Tabel 5. Rekapitulasi skor SUS

Responden	Total Skor	Nilai SUS
Responden 1	32	80
Responden 2	37	93
Responden 3	29	73
Responden 4	36	90
Responden 5	28	70
Responden 6	30	75
Responden 7	34	85

Responden	Total Skor	Nilai SUS
Responden 8	39	98
Responden 9	36	90
Responden 10	34	85
Responden 11	38	95
Responden 12	29	73
Responden 13	38	95
Responden 14	30	75
Responden 15	33	83
Responden 16	35	88
Responden 17	37	93
Responden 18	26	65
Responden 19	34	85
Responden 20	31	78
Responden 21	36	90
Responden 22	28	70
Responden 23	37	93
Responden 24	24	60
Responden 25	38	95
Responden 26	30	75
Responden 27	33	83
Responden 28	34	85
Responden 29	40	100
Responden 30	22	55

Tabel menyajikan rekapitulasi skor dan nilai tiap pernyataan SUS dari seluruh responden. Skor SUS akhir dihitung berdasarkan metode standar *System Usability Scale* dengan mengolah skor individu responden, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai akhir.

Tabel 6. Hasil akhir pengujian SUS

Parameter	Nilai
Jumlah Responden	30
Skor Rata-rata SUS	82,5
Kategori	Sangat Baik
Grade	A
Acceptability	Acceptable

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan SUS, *game* memperoleh skor rata-rata sebesar 82 yang berada pada kategori baik (Grade A). Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat *usability* yang tinggi, sehingga *game* dinyatakan layak digunakan sebagai media literasi Aksara Bali berbasis android.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan *game* berjudul Carakoo: Bentuk & Tulis Aksara Bali sebagai media literasi Aksara Bali berbasis permainan dengan integrasi *model Convolutional Neural Network* (CNN) untuk pengenalan tulisan tangan di android. Pengembangan dilakukan menggunakan metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) dan dievaluasi melalui pengujian fungsional serta *usability*. Hasil evaluasi menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik, sedangkan pengujian *usability* menggunakan metode *Concurrent Think-Aloud* (CTA) dan *System Usability Scale* (SUS) menghasilkan skor rata-rata 82 (Grade A), yang menandakan tingkat

usability yang baik dan penerimaan pengguna yang tinggi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas dataset pelatihan *model* CNN, menambahkan fitur pembelajaran adaptif, dan *platform* yang lebih beragam guna meningkatkan kualitas dan cakupan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Santhi Dewi, G. Ayu, S. Melati, W. A. Putera, I. Gede, and I. Darmawan, "IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN AKSARA BALI BERBASIS WEB MENGGUNAKAN FRAMEWORK LARAVEL PADA SISWA SMP," *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 2, no. 5, pp. 2237–2248, 2023, [Online]. Available: <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>
- [2] S. Arya, K. Agustini, and I. M. Ardwi Pradnyana, "Pengaruh Aplikasi Pembelajaran Pengenal Aksara Bali Terhadap Prestasi Belajar Siswa Kelas III pada Mata Pelajaran Bahasa Bali di SD Negeri 1 Kawan," *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika*, vol. Volume 10, Nomor 2, pp. 150–159, 2021, Accessed: May 08, 2025. [Online]. Available: <http://repo.undiksha.ac.id/id/eprint/5831>
- [3] K. S. Wibawa, P. W. Buana, I. P. A. Bayupati, and D. M. Sukarsa, "PENINGKATAN MINAT BELAJAR AKSARA BALI MELALUI MEDIA INTERAKTIF BERBASIS TEKNOLOGI INFORMASI DI LINGKUNGAN PENDIDIKAN ANAK USIA SEKOLAH DASAR," pp. 307–311, Oct. 2021.
- [4] I. K. Paramarta, I. B. Rai, I. Wayan, G. Wisnu, J. Bsid, and F. Undiksha, "MENINGKATKAN KEMAMPUAN MEMBACA AKSARA BALI TATARAN SUBLESIKAL BERBASIS BLOK AKSARA PADA SISWA SD N 5 LES," vol. 9, pp. 2986–4615, 2024.
- [5] P. Cahyadi *et al.*, "Implementasi Metode Convolutional Neural Network Pada Pengenalan Aksara Bali Berbasis Game Edukasi," *SINTECH JOURNAL*, vol. Vol. 6 No 1, pp. 1–15, Apr. 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31598>
- [6] I. Verdian, "Media Pembelajaran Interaktif 2D untuk Mata Pelajaran Matematika Bangun Ruang," 2024.
- [7] I. A. P. Eka Pusparini, I. B. Putra Manik Aryana, and I. A. P. Purnami, "Analisis Kesalahan Dalam Penulisan Aksara Bali Pada Papan Nama Instansi Se-Kecamatan Buleleng," *Jurnal Pendidikan Bahasa Bali Undiksha*, vol. 7, no. 1, p. 11, Jun. 2021, doi: 10.23887/jpbb.v7i1.35960.
- [8] J. Austin Widjaja, L. Jefferson, M. Ferdinand Binsar Siahaan, and A. Chow, "Utilizing Game Development Life Cycle Method to Develop an Educational Game for Basic Mathematics Using Unity 2D Game Engine," *International Journal of Computer Science and Information*

- Technology (IJISIT)*, vol. 1, no. 1, pp. 20–30, 2024, doi: 10.55123/ijisit.
- [9] Purwono, A. Ma'arif, W. Rahmانيar, H. I. K. Fathurrahman, A. Z. K. Frisky, and Q. M. U. Haq, "Understanding of Convolutional Neural Network (CNN): A Review," *International Journal of Robotics and Control Systems*, vol. 2, no. 4, pp. 739–748, 2022, doi: 10.31763/ijrcs.v2i4.888.
- [10] Mustofa, J. Lasmana Putra, and C. Kesuma, "Penerapan Game Development Life Cycle Untuk Video Game Dengan Model Role Playing Game," *Computer Science (CO-SCIENCE)*, vol. Volume 1 No. 1, pp. 27–34, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/co-science>
- [11] Y. Y. P. Siahaan, Y. Widayani, and M. Z. C. Candra, "Applying Scrum in A Game Development Life Cycle For Small Scale Game Project," *International Journal of Information Technology, Research and Applications*, vol. 2, no. 4, pp. 24–37, Dec. 2023, doi: 10.59461/ijitra.v2i4.73.
- [12] R. Y. Ariyana, Erma Susanti, Muhammad Rizqy Ath-Thaariq, and Riki Apriadi, "Penerapan Uji Fungsionalitas Menggunakan Black Box Testing pada Game Motif Batik Khas Yogyakarta," *JUMINTAL: Jurnal Manajemen Informatika dan Bisnis Digital*, vol. 2, no. 1, pp. 33–43, May 2023, doi: 10.55123/jumintal.v2i1.2371.
- [13] Annisaa Utami, "INTERFACE MENGGUNAKAN METODE CONCURRENT THINK-ALOUD (CTA) (STUDI KASUS: MOBILE APP MRT JAKARTA)," UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH, 2023. Accessed: Dec. 01, 2025. [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/74275>
- [14] I. G. M. S. Dwipayana, I. M. Candiasa, and L. J. E. Dewi, "Usability Evaluation of Lecturer Information System in ITB STIKOM Bali," *sinkron*, vol. 9, no. 1, pp. 149–159, Jan. 2025, doi: 10.33395/sinkron.v9i1.14315