Journal of Informatics Unisla (JOUTICA)
P-ISSN: 2503-071X
E-ISSN: 2621-511X

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

NANOGAM: Game Kosakata Kelautan Berbasis Augmented Reality Menggunakan Integrated MDLC-UCD

Received : Juni 28, 2026; Revised : July 29, 2026; Accepted : Okt 02, 2026; Published : Okt 09, 2026

Alfian Nurlifa[1*], Ulfa Yuliasari[2], Rista Dwi Permata[3]

[1]Teknik Informatika, Universitas PGRI Ronggolawe,
Jl Manunggal 61, Tuban, Indonesia
lifa.nurlifa13@gmail.com

[2]Pendidikan Bahasa Inggris, Universitas PGRI Ronggolawe,
Jl Manunggal 61, Tuban, Indonesia
ulfa.yulia11@gmail.com

[3]Pendidikan Guru PAUD, Universitas PGRI Ronggolawe,
Jl Manunggal 61, Tuban, Indonesia
rista.permata.rp@gmail.com

*Corresponding Author

Abstrak:
Pengembangan aplikasi Augmented Reality (AR) untuk anak usia dini perlu memperhatikan aspek teknis sekaligus karakteristik pengguna. Penelitian ini bertujuan mengembangkan NANOGAM sebagai game kosakata kelautan berbasis AR menggunakan pendekatan Integrated Multimedia Development Life Cycle dan User-Centered Design (MDLC-UCD). MDLC digunakan sebagai alur utama pengembangan, sedangkan UCD disisipkan pada fase concept, design, assembly, dan testing. NANOGAM dikembangkan sebagai aplikasi Android berbasis marker-based AR dengan fitur utama berupa pemindaian marker, visualisasi objek kelautan dalam bentuk 3D, audio pronunciation, puzzle game bertingkat, dan navigasi sederhana. Evaluasi dilakukan melalui Black Box Testing, task completion, dan System Usability Scale (SUS). Pengujian melibatkan 30 anak usia 4-7 tahun dari tiga lembaga pendidikan anak usia dini di Kabupaten Tuban. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa semua fitur utama berjalan sesuai skenario. Hasil user testing menunjukkan tingkat keberhasilan task completion rata-rata per lembaga 88,75%, 92,50%, dan 93,75%, sedangkan rata-rata skor SUS sebesar 81,93 masuk dalam kategori Excellent. Penelitian ini menunjukkan bahwa NANOGAM dapat berfungsi sesuai yang dirancang dan memiliki usability yang baik berdasarkan hasil pengujian terbatas pada anak usia dini.

Kata Kunci:
Augmented Reality, Anak Usia Dini, Game Edukatif, MDLC-UCD, User Testing

Abstract:
The development of Augmented Reality (AR) applications for early childhood user needs to consider both technical functionality and user characteristics. This study aims to develop NANOGAM as an AR-based nautical vocabulary game using an Integrated Multimedia Development Life Cycle and User-Centered Design (MDLC-UCD) approach. MDLC was used as the main development framework, while UCD was selectively embedded in the concept, design, assembly, and testing phases. NANOGAM was developed as a marker-based AR Android application with key features including marker scanning, 3D nautical object visualization, audio pronunciation, leveled puzzle games, and simple navigation. The application was evaluated using Black Box Testing, task completion, and System Usability Scale (SUS). The testing involved 30 children aged 4–7 years from three early childhood education institutions in Tuban Regency. The functional testing results showed that all main features worked according to the designed scenarios. User testing showed task completion success rates per-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. Allows readers to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of its articles and allow readers to use them for any other lawful purpose.

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

institution average 88.75%, 92,50%, and 93.75%. while average SUS score of 81.93, categorized as Excellent. This study shows that NANOGAM functions as intended and has good usability, based on the results of limited testing with young children.

Keywords:
Augmented Reality, Early Childhood, Educational Game, MDLC-UCD, User Testing

1. Pendahuluan

Saat ini semakin banyak aplikasi edukatif yang menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR), karena mampu menghubungkan objek digital dengan lingkungan nyata melalui objek tiga dimensi, audio, serta interaksi langsung dengan perangkat *mobile*. Pemanfaatan AR dalam pembelajaran bahasa pada anak usia dini memberikan dampak positif secara menyeluruh, mencakup peningkatan retensi kosakata, sikap belajar yang lebih baik, serta tumbuhnya motivasi dan keterlibatan aktif anak dalam proses pembelajaran bahasa asing [1], [2], [3]. AR juga dapat dikembangkan sebagai aplikasi atau game edukatif seperti aplikasi "Wordtastic Kids" yang mengajarkan bahasa Inggris untuk anak usia dini [4], penggunaan buku AR yang dinilai guru TK potensial untuk memperkaya sumber belajar kosakata sederhana [5], serta media yang meningkatkan pemahaman kosakata dan motivasi bagi Pendidikan anak usia dini [6], [7]. Krisdiawan dkk. mengembangkan *AR Card Game* sebagai media pembelajaran kosakata bahasa Inggris dengan pendekatan User Centered Design serta mengintegrasikan visualisasi objek 3D, *audio pronunciation, gamification*, dan interaksi kartu fisik [8]. Penelitian lain menunjukkan bahwa AR dapat dikembangkan sebagai sistem interaktif yang memuat *gameplay*, navigasi, *feedback* [9], mempengaruhi capaian pembelajaran*, satisfaction, dan acceptance* [10], serta membantu pemahaman konsep matematika dasar [11], serta menjadi media eksplorasi visual interaktif berbasis multimedia [12]. Pada aspek perancangan antarmuka, pendekatan User Centered Design dan evaluasi System Usability Scale juga telah digunakan untuk memastikan rancangan UI/UX lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna [13].

Meskipun demikian, pengembangan aplikasi AR untuk anak usia dini tidak cukup hanya menekankan aspek teknis seperti visualisasi objek 3D, *marker-based tracking*, audio, dan mekanisme permainan. Prinsip Human-Computer Interaction (HCI) untuk anak menekankan bahwa desain antarmuka perlu disesuaikan dengan kemampuan kognitif, motorik, dan perseptual pengguna [14]. Anak usia dini juga umumnya memiliki kemampuan membaca yang terbatas, rentang perhatian yang pendek, kebutuhan terhadap visual konkret, dan kemampuan motorik yang masih berkembang [15], sedangkan keterlibatan pengguna sejak tahap awal desain juga dinilai dapat meningkatkan *usability*, *learnability*, dan penerimaan sistem [16]. Oleh karena itu User-Centered Design (UCD) relevan digunakan dalam pengembangan aplikasi AR karena menempatkan kebutuhan, karakteristik, dan umpan balik pengguna sebagai dasar perancangan dan evaluasi sistem. Namun, aplikasi AR game terdiri atas aset visual, *marker-based tracking*, objek 3D, audio feedback, alur navigasi, dan mekanisme permainan memerlukan proses produksi multimedia terstruktur, seperti *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang telah digunakan dalam pengembangan media AR untuk anak usia dini [17]. Dengan demikian, pemaduan MDLC dan UCD diperlukan agar pengembangan aplikasi AR dapat menggabungkan proses teknis multimedia dengan pendekatan berorientasi pengguna.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, AR telah banyak digunakan untuk mendukung pengenalan kosakata, visualisasi objek, motivasi, dan pengalaman belajar berbasis permainan. Namun, dalam konteks aplikasi AR game untuk anak usia dini, masih diperlukan kajian pengembangan yang secara eksplisit menunjukkan bagaimana proses produksi multimedia, implementasi fitur AR, dan pertimbangan karakteristik pengguna anak dipadukan dalam satu alur pengembangan. Gap penelitian

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

ini tidak terletak pada ketiadaan penelitian AR untuk pembelajaran kosakata, melainkan pada kebutuhan untuk menunjukkan proses pengembangan aplikasi AR game yang menggabungkan pendekatan teknis multimedia dan pendekatan berorientasi pengguna dipadukan dalam satu alur pengembangan AR game untuk anak usia dini, termasuk validasi fitur dan evaluasi pengguna sebagaimana ditunjukkan pada artikel pengembangan game [18].

Pada penelitian ini mengimplementasikan MDLC-UCD dalam satu alur pengembangan AR game kosa kata kelautan untuk Anak Usia Dini dengan menggabungkan proses pengembangan multimedia dan pendekatan berorientasi pengguna. Penelitian ini mengembangkan *Marker-Based AR Game* kosa kata kelautan untuk anak usia dini yang menampilkan objek 3D, audio pronounciation, dan *game puzzle* bertingkat. MDLC digunakan sebagai alur utama pengembangan sedangkan UCD disisipkan pada 4 fase MDLC yaitu Concept, Design, Assembly, dan Testing. Penelitian ini bertujuan mengembangkan NANOGAM menggunakan pendekatan Integrasi MDLC-UCD, mengimplementasikan fitur AR Marker scanning, visualisasi objek 3D, audio pronunciation, game puzzle bertingkat, navigasi sederhana, serta mengevaluasi fungsionalitas dan usability melalui Black-box Testing, Task completion, dan SUS.

2. Metode

2.1. Integrated MDLC-UCD Development Process

Pengembangan NANOGAM mengikuti enam fase utama MDLC, yaitu *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing,* dan *Distribution*, dipilih karena menyediakan tahapan sistematis dalam pengembangan aplikasi multimedia [17]. Mengingat pengguna NANOGAM adalah anak usia dini, aktivitas UCD disisipkan pada empat fase yang berkaitan langsung dengan pengguna, mengikuti prinsip bahwa desain sistem perlu disesuaikan dengan kebutuhan dan umpan balik pengguna [14], [15], [16]. Fase *Concept* untuk memahami konteks dan karakteristik pengguna dilakukan melalui wawancara dengan tiga guru dan 10 wali murid. Fase *Design* untuk menerjemahkan kebutuhan menjadi rancangan antarmuka dan interaksi. Fase *Assembly* untuk memperbaiki elemen interaksi melalui iterasi prototipe, serta pada fase *Testing* untuk mengevaluasi penggunaan aplikasi melalui pengujian tugas dan penilaian usability. Fase *Material Collecting* difokuskan pada penyusunan aset multimedia seperti objek 3D, audio pengucapan, ilustrasi, potongan puzzle, dan marker AR, sedangkan fase *Distribution* mencakup pengemasan APK, penyediaan marker cetak, dan panduan penggunaan, keduanya tidak secara langsung disisipi aktivitas UCD. Dengan demikian MDLC sebagai jalur utama, sedangkan UCD berperan sebagai pendekatan pendukung seperti yang dipetakan pada tabel 1.

Tabel 1: Pemetaan Integrasi MDLC-UCD pada Pengembangan NANOGAM

Fase MDLC	Aktivitas UCD yang Disisipkan	Proses	Pihak yang Terlibat
Concept	Analisis konteks penggunaan	Mengidentifikasi kebutuhan pengguna, tujuan sistem, tema kosakata, dan konsep permainan	3 orang guru anak usia dini dan 10 wali murid (wawancara kebutuhan awal)
Design	Perumusan kebutuhan pengguna dan desain interaksi	Menyusun flowchart, storyboard, struktur navigasi, rancangan antarmuka, dan skenario interaksi	Tim Pengembang (persona dari hasil observasi & wawancara)
Material Collecting	-	Mengumpulkan dan membuat objek 3D, audio, ilustrasi, potongan puzzle, dan marker AR	Tim Pengembang

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

Assembly	Iterasi prototipe	Mengimplementasikan aplikasi menggunakan Unity dan Vuforia, mengintegrasikan AR, audio, dan puzzle, lalu melakukan revisi prototipe berdasarkan evaluasi ahli	2 orang evaluator ahli PAUD dan 2 orang evaluator ahli Bahasa Inggris (evaluasi prototipe)
Testing	Evaluasi pengguna	Melakukan functional testing dan user testing	30 anak usia dini berserta pengamat dan guru
Distribution	-	Mengemas aplikasi dan perangkat pendukung untuk penggunaan terbatas	3 lembaga PAUD

2.2. System and User Evaluation

Aplikasi tidak hanya dinilai dari sisi keberhasilan implementasi teknis, tetapi juga dari sisi kemudahan penggunaan oleh pengguna utama. Usability mengukur kemampuan sistem dalam membantu pengguna tertentu mencapai tujuannya secara efektif, efisien, serta memuaskan di dalam lingkungan atau situasi penggunaan tertentu [19], sehingga dalam sistem ini dilakukan dua jenis pengujian yaitu *functional testing* dan *user testing*.

2.2.1.Functional Testing

Functional testing adalah metode pengujian yang menitikberatkan pada kesesuaian antara input dan output sistem, tanpa perlu meninjau struktur kode di bagian internalnya [20]. Pengujian ini banyak banyak digunakan pada pengujian aplikasi mobile untuk memastikan fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan dan skenario yang dirancang [21]. Skenario uji mencakup pembukaan aplikasi, navigasi menu, pemindaian marker, kemunculan objek 3D, pemutaran audio, permainan puzzle, dan fungsi keluar aplikasi. Setiap skenario dinyatakan dengan *passed* apabila sesuai dengan hasil yang diharapkan.

2.2.2.User Testing

Pengujian User testing dilakukan kepada 30 anak usia 4–7 tahun dari tiga lembaga pendidikan anak usia dini di Kabupaten Tuban (10 anak per Lembaga) yang dipilih menggunakan *convenience sampling* berdasarkan ketersediaan peserta dan rekomendasi guru pada masing-masing Lembaga, dengan tetap mempertimbangkan kesesuaian usia dan kesiapan mengikuti kegiatan pengujian. Pengujian dilakukan setelah memperoleh izin dari Lembaga dan persetujuan dari orang tua/wali, dengan pendampingan guru dan pengamat serta tetap memperhatikan kenyamanan anak selama proses pengujian.

Task completion analysis digunakan untuk mengukur aspek efektivitas, yaitu keberhasilan pengguna menyelesaikan tugas tertentu pada system [19], [22]. Setiap tugas dinilai menggunakan skor biner, yaitu 1 jika berhasil dan 0 jika gagal. Tugas yang diuji mencakup membuka aplikasi, memindai marker, memilih menu, memutar audio, menyelesaikan puzzle level 1 sampai level 3, dan keluar dari aplikasi. Terdapat delapan tugas yaitu (1) membuka aplikasi hingga halaman utama tampil, (2) memindai marker hingga objek 3D muncul, (3) memilih menu, (4) memutar *audio pronouciation,* (5-7) menyelesaikan puzzle level 1, 2, dan 3, serta (8) keluar dari aplikasi.

Usability aplikasi dievaluasi menggunakan System Usability Scale (SUS) merupakan instrumen ringkas digunakan untuk memperoleh penilaian global terhadap usability suatu sistem [23] yang juga digunakan dalam penelitian UI/UX berbasis UCD [13]. Karena responden dalam penelitian ini adalah anak usia 4–7 tahun, sepuluh pertanyaan SUS diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia yang dibacakan oleh pengamat, dan anak-anak menjawab menggunakan kartu emoticon yang

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

merepresentasikan skala 1-5. Skala visual seperti smiley scale membantu anak mengekspresikan penilaian ketika kemampuan membaca masih terbatas [24]. Adaptasi ini hanya menyangkut cara penyampaian dan respons, bukan isi, jumlah item, maupun skala instrumen.

2.3. Data Analysis

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Hasil Black Box Testing disajikan dalam bentuk status passed atau failed pada setiap skenario uji. Data task completion dianalisis dengan menghitung persentase keberhasilan setiap tugas. Perhitungan task completion rate digunakan untuk mengetahui proporsi pengguna yang berhasil menyelesaikan tugas tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai indikator efektivitas penggunaan sistem [19], [22]. Skor SUS dihitung menggunakan prosedur standar. Untuk item bernomor ganjil atau item positif, skor kontribusi diperoleh dari nilai respons dikurangi 1. Untuk item bernomor genap atau item negatif, skor kontribusi diperoleh dari 5 dikurangi nilai respons. Total skor kontribusi kemudian dikalikan 2,5 sehingga menghasilkan skor akhir pada rentang 0–100 [23]. Skor SUS seluruh responden kemudian dirata-rata dan diintrepretasikan berdasarkan interpretasi SUS [25], dan *adjective rating* [26] serta skala grade Sauro dan Lewis [22] : skor 71,1–80,7 dikategorikan Good, 80,8–84,0 Excellent (grade A), dan ≥84,1 Best Imaginable (grade A+).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Kebutuhan Pengguna dan Konsep NANOGAM

Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan tiga guru dan 10 wali murid serta kajian karakteristik pengguna. Pengguna utama NANOGAM adalah anak usia dini berusia 4–7 tahun, sedangkan pengguna pendamping adalah guru atau orang dewasa yang membantu proses penggunaan aplikasi. Karena anak belum dapat bergantung sepenuhnya pada instruksi berbasis teks, aplikasi perlu menyajikan visual konkret, ikon yang jelas, tombol berukuran besar, dan instruksi sederhana [14], [15], serta memadukan unsur permainan, visual dan audio [4], [8], [9]. Tema kosakata kelautan dipilih karena sesuai dengan konteks lokal Kabupaten Tuban sebagai wilayah pesisir, sehingga objek yang dikenalkan dalam aplikasi lebih dekat dengan lingkungan anak. Hasil pemetaan kebutuhan pengguna ke dalam fitur aplikasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2: Kebutuhan Pengguna dan Implementasi Fitur NANOGAM

Kebutuhan Pengguna	Implementasi pada NANOGAM
Anak membutuhkan visual konkret untuk memahami objek	Objek kelautan divisualisasikan dalam bentuk 3D berbasis AR
Anak memiliki kemampuan membaca yang masih terbatas	Penggunaan ikon besar, teks minimal, dan tampilan menu sederhana
Anak membutuhkan bantuan dalam mengenali pengucapan bahasa Inggris	Audio pronunciation untuk setiap kosakata
Anak belajar lebih mudah melalui aktivitas bermain	Puzzle game dengan beberapa tingkat kesulitan
Guru membutuhkan media yang mudah digunakan	APK, marker cetak, dan panduan penggunaan
Anak membutuhkan interaksi yang tidak terlalu kompleks	Navigasi utama terdiri atas menu AR, menu puzzle, tombol kembali, dan tombol keluar

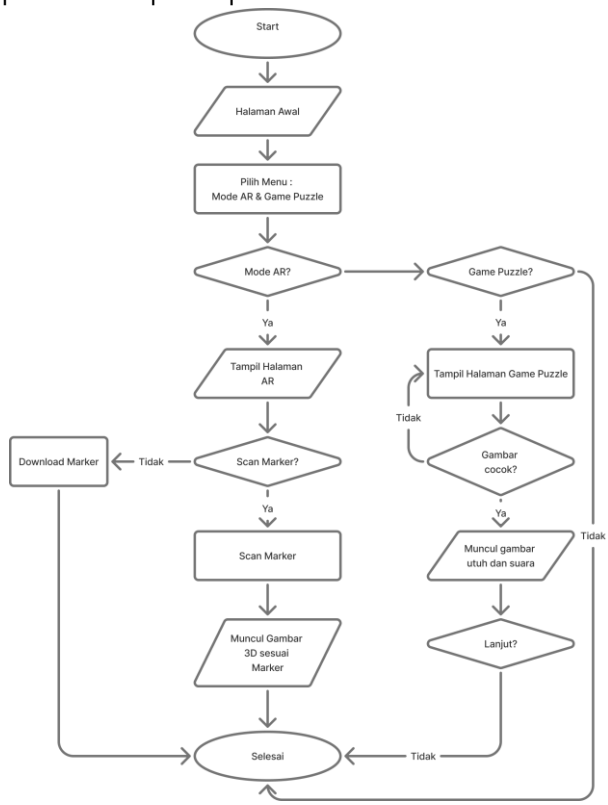
Berdasarkan Tabel 2, NANOGAM dirancang sebagai aplikasi AR berbasis marker, visualisasi objek 3D, audio pronunciation, puzzle game, dan navigasi sederhana. Penambahan mekanisme puzzle memperluas penelitian AR vocabulary sebelumnya yang lebih menekankan visualisasi objek dan audio pronunciation [4], [8].

3.2. Perancangan Alur, Antarmuka, dan Interaksi Game

Kebutuhan pada tabel 2 diterjemahkan menjadi alur aplikasi, struktur navigasi, antarmuka, dan mekanisme permainan. Penggunaan UCD pada tahap desain membantu memastikan bahwa antarmuka

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

tidak sekedar memiliki tampilan yang estetis, melainkan juga mudah dipahami oleh target pengguna [14], [16]. Rancangan alur aplikasi ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Flowchart Alur Aplikasi NANOGAM

Tombol dibuat besar dan mudah dikenali, teks instruksi dibuat singkat, sedangkan ikon dan ilustrasi digunakan untuk membantu anak memahami fungsi menu. Strategi ini sejalan dengan penelitian UI/UX berbasis UCD agar sistem lebih mudah dipahami dan digunakan [13]. Puzzle dirancang dalam tiga level dengan tingkat kesulitan yang meningkat dan memberikan *visual feedback* ketika berhasil diselesaikan, sehingga berfungsi memperkuat keterlibatan anak setelah mengenali objek melalui fitur AR. Kombinasi interaksi AR dan interaksi game ini sejalan dengan penelitian AR *game-based learning* yang memadukan visualisasi, navigasi, *feedback*, dan mekanisme [9], [11].

3.3. Pengembangan Aset Multimedia dan Marker AR

Dalam pendekatan Multimedia Development Life Cycle (MDLC), pengumpulan dan pengembangan aset menjadi dasar sebelum sistem diimplementasikan pada tahap assembly [17]. Konten utama terdiri atas sepuluh kosakata kelautan, yaitu *tuna, shrimp, crab, sailfish, sardine, stingray, squid, sea turtle, boat*, dan *fisherman*. Setiap kosakata dipasangkan secara konsisten dengan kartu marker cetak, objek 3D, *audio pronunciation*, dan gambar puzzle sehingga anak dapat menghubungkan kata, objek, dan bunyi pengucapan [4], [8]. Marker dirancang dengan karakter visual yang jelas agar mudah dikenali sistem sekaligus menarik bagi anak, karena ketidaksesuaian antara marker dan objek atau audio yang tidak jelas dapat mengganggu pengalaman pengguna.

3.4. Implementasi Aplikasi NANOGAM

NANOGAM diimplementasikan menggunakan Unity 6000.2.2f1 sebagai *game engine* dan Vuforia 11.3.4 sebagai AR SDK dalam bentuk prototipe APK Android. Aplikasi terdiri atas halaman pembuka, menu utama, halaman AR *scanning* beserta objek dan audio, halaman puzzle, serta fungsi kembali dan keluar (Gambar 2). Keberhasilan interaksi AR bergantung pada deteksi marker yang stabil; ketika marker

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

dikenali, objek 3D yang sesuai ditampilkan (Gambar 3). Puzzle diimplementasikan dalam tiga level dengan *feedback* ketika berhasil diselesaikan (Gambar 4).



Gambar 2: Implementasi Tampilan Halaman Utama, Menu AR, dan Menu Puzzle NANOGAM



Gambar 3: Implementasi Marker-Based AR dan Visualisasi Objek 3D



Gambar 4: Implementasi Puzzle Game Bertingkat pada NANOGAM

Selama implementasi, antarmuka disesuaikan berdasarkan prinsip UCD, meliputi ukuran tombol, kejelasan ikon, posisi menu, dan penyederhanaan instruksi. Prototipe kemudian dievaluasi oleh dua ahli PAUD dan dua ahli Bahasa Inggris. Ahli PAUD menilai visual marker dan objek 3D masih kurang menyerupai bentuk aslinya, kosakata "surgeonfish" terlalu sulit, dan audio diucapkan terlalu cepat; ahli Bahasa Inggris memberikan masukan perbaikan pengucapan "sailfish", penggantian "surgeonfish", dan perlambatan tempo audio. Berdasarkan masukan tersebut, visual marker dan objek 3D direvisi, "surgeonfish" diganti dengan "stingray", "sea turtle", dan "squid" sehingga kosakata bertambah dari delapan menjadi sepuluh, dan audio direkam ulang dengan tempo lebih pelan.

3.5. Pengujian Fungsional Aplikasi

Pengujian dilaksanakan pada tiga perangkat, yaitu Redmi Note 9 Pro, POCO M3, dan Realme C75, hasil pengujian fungsional disajikan pada Tabel 3.

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

Tabel 3: Hasil Black Box Testing NANOGAM

Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
Membuka aplikasi NANOGAM	Halaman utama tampil dengan benar	Passed
Memilih menu AR	Halaman pemindaian marker terbuka	Passed
Memilih menu puzzle	Halaman permainan puzzle terbuka	Passed
Memindai marker objek kelautan	Objek 3D yang sesuai muncul	Passed (setelah revisi visual pada fase Assembly)
Menguji seluruh marker AR	Setiap marker menampilkan objek yang benar	Passed
Menekan tombol audio	Audio pronunciation terdengar	Passed (setelah rekam ulang dengan tempo lebih lambat)
Memulai permainan puzzle	Potongan puzzle tampil dengan benar	Passed
Menyelesaikan puzzle level 1-3	Sistem memberikan feedback keberhasilan	Passed
Menekan tombol keluar	Aplikasi keluar atau kembali sesuai alur	Passed

Seluruh skenario berstatus *passed* pada ketiga perangkat. Status ini dicapai setelah kendala kesesuaian visual objek 3D dan tempo audio yang ditemukan pada evaluasi ahli fase *Assembly* diperbaiki. Dengan demikian, komponen yang saling bergantung, yaitu kamera, marker, objek 3D, audio, dan *scene* permainan, berfungsi sesuai rancangan sehingga prototipe layak dilanjutkan ke pengujian pengguna, sejalan dengan pola validasi fitur sebelum evaluasi pengguna pada artikel pengembangan game [18].

3.6. Evaluasi Pengguna

Pengujian pengguna menggunakan tujuh perangkat Android milik anak, pengamat, atau lembaga dengan chipset kelas menengah hingga menengah-atas (Snapdragon 662, 720G, 778G, dan 7s Gen 3; MediaTek Helio G80, G92 Max, dan G95; serta Exynos 850), RAM 6–8 GB, dan Android 11–14. Tiga di antaranya, yaitu Redmi Note 9 Pro, POCO M3, dan Realme C75, juga digunakan pada Black Box Testing. Hasil task completion disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4: Hasil Task Completion NANOGAM

No	Tugas/Task	Jumlah Berhasil	Jumlah Gagal	Total	Persentase (%)
1	Membuka aplikasi	26	4	30	86,67
2	Memindai marker AR	29	1	30	96,67
3	Memilih menu	24	6	30	80
4	Memutar audio pronunciation	30	0	30	100
5	Menyelesaikan puzzle level 1	30	0	30	100
6	Menyelesaikan puzzle level 2	30	0	30	100
7	Menyelesaikan puzzle level 3	29	1	30	96,67
8	Keluar dari aplikasi	22	8	30	73,33

Data pada Tabel 4 dihitung dari rekap keberhasilan tugas per lembaga (masing-masing n=10), dikonversi menjadi jumlah keberhasilan dari total 30 anak untuk setiap tugas. Rentang persentase antar tugas adalah 73,33%–100%. Rata-rata keberhasilan tugas per lembaga berkisar 88,75%–93,75% secara ringkas dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5: Ringkasan Task Completion per Lembaga

Lembaga	Rata-rata Keberhasilan (%)	Tugas Tersulit	Tugas Termudah
TK Alfa Omega	93,75	Task 3 & 8 (80%)	Task 2,4-7 (100%)
TK Ar Rohmah	88,75	Task 3 & 8 (70%)	Task 4-7 (100%)
TK Al Azhar	92,50	Task 8 (70%)	Task 2,4-6 (100%)

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata Keberhasilan antar-tugas berada pada rentang 73,33%–100%, dengan rata-rata per lembaga 88,75%–93,75% (rata-rata keseluruhan 91,67%). Memutar audio serta menyelesaikan puzzle level 1 dan 2 berhasil dilakukan oleh seluruh anak, sedangkan pemindaian marker dan puzzle level 3 hampir sempurna (96,67%). Sebaliknya, keluar dari aplikasi (73,33%), memilih menu (80%), dan membuka aplikasi (86,67%) menjadi tugas yang paling menantang; keluar dari aplikasi (Task 8) konsisten menjadi tugas dengan keberhasilan terendah di ketiga lembaga. Pola ini menunjukkan bahwa interaksi inti AR, audio, dan puzzle mudah dipahami anak, sedangkan kendala terletak pada elemen navigasi yang bergantung pada pengenalan ikon dan tombol. Oleh karena itu, ikon menu dan tombol keluar perlu diperjelas, misalnya melalui ukuran yang lebih besar, penanda audio, atau posisi yang konsisten.

Selain task completion, evaluasi pengguna juga dilakukan menggunakan SUS. Ringkasan hasil SUS disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6: Ringkasan Hasil System Usability Scale (SUS) NANOGAM

Statistik	Nilai
Jumlah responden (n)	30
Rata-rata (mean)	81,93 (dibulatkan 82)
Median	83
Standar deviasi (SD)	7,39
Nilai minimum	68
Nilai maksimum	95
Kategori adjective rating	Excellent

Statistik pada Tabel 6 dihitung dari skor SUS individual seluruh 30 responden menggunakan prosedur standar (item bernomor ganjil: nilai−1; item bernomor genap: 5−nilai; jumlah skor kontribusi × 2,5). Standar deviasi dihitung menggunakan rumus sampel (n−1).

Skor SUS juga dirangkum per lembaga untuk melihat variasi antar kelompok. Ringkasan skor SUS per lembaga disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7: Ringkasan Skor SUS per Lembaga

Lembaga	Rata-rata	Median	SD	Rentang (Min-Maks)
AR Rohmah (n=10)	79,50	83	6,43	68–85
Alfa Omega (n=10)	82,60	83	7,31	73–95
Al Azhar (n=10)	83,70	88	8,39	70–93

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata skor SUS bervariasi antara 79,50 (AR Rohmah) hingga 83,70 (Al Azhar). Meskipun terdapat variasi, ketiga lembaga menunjukkan skor rata-rata yang termasuk dalam kategori Good hingga Excellent, mengindikasikan persepsi usability yang secara konsisten positif pada ketiga kelompok pengguna.

Rata-rata skor SUS keseluruhan sebesar 81,93 (SD = 7,39) termasuk kategori *Excellent* (rentang 80,8–84,0; grade A), dengan variasi antar lembaga dari 79,50 (Ar Rohmah; Good) hingga 83,70 (Al Azhar; Excellent), sehingga ketiga lembaga berada pada kategori *Good* hingga *Excellent*. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi memiliki tingkat usability yang baik dalam konteks uji terbatas. Namun, hasil SUS tetap perlu dibaca bersama dengan task completion. Meskipun skor SUS menunjukkan persepsi usability yang baik, beberapa tugas masih menunjukkan tantangan, terutama pada aspek navigasi. Dengan demikian, kombinasi task completion dan SUS memberikan gambaran evaluasi yang lebih lengkap karena mencakup keberhasilan penggunaan dan persepsi usability.

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengembangkan NANOGAM sebagai game kosakata kelautan berbasis *Augmented Reality* dengan pendekatan *Integrated* MDLC-UCD, di mana MDLC berfungsi sebagai alur utama pengembangan melalui keenam fasenya, sementara UCD disisipkan pada fase-fase yang berkaitan langsung dengan kebutuhan pengguna, desain interaksi, iterasi prototipe, dan evaluasi penggunaan. Integrasi keduanya memungkinkan proses pengembangan berlangsung secara sistematis dari sisi teknis multimedia sekaligus tetap memperhatikan karakteristik pengguna anak usia dini.

NANOGAM berhasil mengimplementasikan fitur utama berupa AR marker scanning, visualisasi objek kelautan 3D, audio pronunciation, puzzle game bertingkat, dan navigasi sederhana yang dirancang untuk mendukung interaksi anak melalui kombinasi marker fisik, objek digital, audio, dan mekanisme permainan. Hasil Black Box Testing menunjukkan seluruh fitur berjalan sesuai skenario, sementara user testing mencatat tingkat keberhasilan task completion rata-rata per lembaga 88,75% - 93,75% dan rata-rata skor SUS sebesar 81,93 (jika dibulatkan 82) yang masuk dalam kategori ***Excellent***.

Meskipun pengujian menunjukkan aplikasi berjalan dengan baik dan memiliki usability yang memadai, penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain: sampel terbatas pada 30 anak dari tiga lembaga di Kabupaten Tuban, ketergantungan pada marker-based AR yang rentan terhadap kondisi pencahayaan dan kualitas cetak, fokus evaluasi yang hanya mencakup fungsionalitas dan usability, serta keterbatasan perangkat Android yang digunakan. Ke depannya, pengembangan dapat diarahkan pada penerapan markerless AR, tingkat kesulitan adaptif, perluasan pengujian pada pengguna dan perangkat yang lebih beragam, serta penambahan evaluasi dampak pembelajaran untuk mengukur kontribusi NANOGAM terhadap pengenalan dan retensi kosakata bahasa Inggris anak usia dini.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM), Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan dana yang diberikan untuk penelitian ini. Penelitian yang berjudul "NANOGAM (Nautical Nouns Games) Berbasis Augmented Reality untuk Menstimulasi Pembelajaran Bahasa Inggris Anak Usia Dini", dilaksanakan dalam rangka Program Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun anggaran 2025, berdasarkan Surat Keputusan Nomor 128/C3/DT.05.00/PL/2025; Kontrak Penelitian 054/LL7/DT.05.00/PL/2025; 1068.1/071073/AK/2025 tanggal 28 Mei 2025. Dukungan ini berkontribusi secara signifikan terhadap keberhasilan pelaksanaan penelitian dan publikasi artikel ini.

Pustaka

[1] R. M. Yilmaz, F. B. Topu, and A. Takkaç Tulgar, "An examination of vocabulary learning and retention levels of pre-school children using augmented reality technology in English language learning," *Educ. Inf. Technol. (Dordr).*, vol. 27, no. 5, pp. 6989–7017, Jun. 2022, doi: 10.1007/s10639-022-10916-w.

[2] F. B. Topu, R. M. Yilmaz, and A. T. Tulgar, "The effects of using augmented reality on vocabulary learning and attitude of pre-school children in English education," *Educ. Inf. Technol. (Dordr).*, vol. 29, no. 10, pp. 11733–11764, 2024, doi: 10.1007/s10639-023-12284-5.

[3] E. Korosidou, "The Effects of Augmented Reality on Very Young Learners' Motivation and Learning of the Alphabet and Vocabulary," *Digital*, vol. 4, no. 1, pp. 195–214, Mar. 2024, doi: 10.3390/digital4010010.

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

[4] A. C. Mamani, V. L. Revilla, A. H. Mazeyra, and C. L. Cejudo, "Learning English in Early Childhood Education with Augmented Reality: Design, Production, and Evaluation of the 'Wordtastic Kids' App," *Educ. Sci. (Basel).*, vol. 13, no. 7, Jul. 2023, doi: 10.3390/educsci13070638.

[5] E. Muryanti, R. Pransiska, Novrianti, Y. A. Ummayah, and M. N. A. Azman, "Teachers' Acceptance and Readiness to Use Augmented Reality Book to Teach English Vocabulary in Kindergartens," *JOIV : Int. J. Inform. Visualization*, vol. 7, no. 4, 2023, [Online]. Available: www.joiv.org/index.php/joiv

[6] K. Binhomran and S. Altalhab, "The impact of implementing augmented reality to enhance the vocabulary of young EFL learners," *JALT CALL Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 23–44, 2021, doi: 10.29140/JALTCALL.V17N1.304.

[7] R. W. Chen and K. K. Chan, "Using Augmented Reality Flashcards to Learn Vocabulary in Early Childhood Education," *Journal of Educational Computing Research*, vol. 57, no. 7, pp. 1812–1831, Dec. 2019, doi: 10.1177/0735633119854028.

[8] R. Krisdiawan, T. Sugiharto, N. AmaliaAsikin, and L. Rohmawati, "UI/UX Design for AR Card Game: Enhancing English Vocabulary Learning with Augmented Reality," *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, vol. 10, no. 3, Jun. 2025, doi: 10.22219/kinetik.v10i3.2240.

[9] N. N. N. Kamaruzaman and N. A. H. Rozuki, "An Educational Wildlife Game-based Learning Application for Young Learners Using Augmented Reality," *Applied Mathematics and Computational Intelligence*, vol. 13, no. 4, pp. 33–48, Oct. 2024, doi: https://doi.org/10.58915/amci.v13i4.1475.

[10] P. Zhang, J. Li, and S. Cai, "Timing matters: Effects of augmented reality game on students' learning achievement, satisfaction and acceptance," *British Journal of Educational Technology*, vol. 56, no. 3, pp. 1273–1293, May 2025, doi: https://doi.org/10.1111/bjet.13524.

[11] F. Ferawati, F. H. Saputri, L. Stianingsih, E. U. Putri, D. Sofia, and M. I. Hanafri, "Augmented Reality Game-Based Learning: Enhancing Basic Mathematics Abilities for Students with Special Needs," *Jurnal Pendidikan MIPA*, vol. 25, no. 3, pp. 1378–1396, 2024, doi: 10.23960/jpmipa/v25i3.pp1378-1396.

[12] R. Nursyanti, B. Budiman, and A. Widianto, "Pemanfaatan Augmented Reality Untuk Eksplorasi Gunung Berapi Di Jawa Barat (Studi Kasus Gunung Tangkuban Perahu, Papandayan, Dan Ciremai)," *Journal of Informatic Engineering (JOUTICA)*, vol. 9, no. 2, Sep. 2024, doi: https://doi.org/10.30736/informatika.v9i2.1289.

[13] B. A. Chintamy, I. A. T. S. Putri, and A. Voutama, "Perancangan User Interface dan User Experience (UI/UX) pada Website 'Tripin' Menggunakan Metode User Centered Design (UCD)," *Journal of Informatic Engineering (JOUTICA)*, vol. 11, no. 1, Mar. 2026, doi: https://doi.org/10.30736/jti.v11i1.1418.

[14] Z. Abidin, D. Arsa, and Y. Noverina, "Analisis Penerapan Metode User-Centered Design pada Augmented Reality (AR) dengan Marker Based Tracking," *PROCESSOR : Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi, dan Sistem Komputer*, vol. 19, no. 1, Apr. 2024, doi: 10.33998/processor.2024.19.1.1640.

[15] S. R. Ramadhani and F. S. Limin, "IMPROVING LEARNING MOTIVATION BY APPLYING USER-CENTRED DESIGN AND AUGMENTED REALITY ON 3D INTERACTIVE APPLICATION," *JITK (Jurnal*

Volume 11, No.2, Tahun 2026, Page. 229-240
DOI: 10.30736/jti.v11i2.1716
https://jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/informatika

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer), vol. 9, no. 1, pp. 8–16, Aug. 2023, doi: 10.33480/jitk.v9i1.4124.

[16] E. Marino, L. Barbieri, B. Colacino, and F. Bruno, "User-Centered Design of an Augmented Reality Tool for Smart Operator in Production Environment," in *Design Tools and Methods in Industrial Engineering II*, C. Rizzi, F. Campana, M. Bici, F. Gherardini, T. Ingrassia, and P. Cicconi, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 125–132.

[17] A. Rahmatika, A. A. Manurung, and F. Ramadhani, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Empati Anak Usia Dini dengan Metode MDLC (Multimedia Development Life Cycle)," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 2, no. 3, pp. 122–130, Sep. 2023, doi: 10.56211/sudo.v2i3.330.

[18] R. A. Mu'Ammar, F. Abadi, I. Budiman, R. A. Nugroho, and D. T. Nugrahadi, "Game development of Banjar Archive for interactive cultural education ultilizing large language models," *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, vol. 10, no. 4, Oct. 2025, doi: 10.22219/kinetik.v10i4.2294.

[19] ISO 9241-11, "Ergonomics of Human-System Interaction-Part 11: Usability: Definitions and Concepts," 2018. [Online]. Available: https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d38dc274-d8d4-4fb9-8206-

[20] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering*, vol. 9th. McGraw-Hill Education, 2020.

[21] F. Izzan, H. Jihaadi, Hozairi, and Hoiriyah, "Analisis Penerapan Metode Waterfall dan Pengujian Sistem Aplikasi Persewaan Peralatan Pesta Berbasis Mobile Menggunakan Black Box Testing," *Joutica*, 2024, [Online]. Available: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:276196951

[22] J. Sauro and J. R. Lewis, *Quantifying the user experience: practical statistics for user research 2nd Edition*. 2016. [Online]. Available: https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2413038.2413056?casa_token=eJqR7mWbspIAAAAA:0BnizGhclY138Ux7Hyq2hD6C6bXKvzDNVqDPG0aCfDgvjHOIzzGvdHxvw58ASuMbcALm4xxE3Bcg

[23] J. Brooke, "SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale," *Usability Evaluation In Industry*, no. January 1996, pp. 207–212, 2020, doi: 10.1201/9781498710411-35.

[24] J. C. Read and M. Horton, "Using the Smileyometer to measure UX with children," *Interact. Comput.*, May 2025, doi: 10.1093/iwc/iwaf016.

[25] J. Brooke, "SUS : A Retrospective," *J. Usability Stud.*, vol. 8, no. 2, pp. 29–40, Feb. 2013.

[26] A. Bangor, P. Kortum, and J. Miller, "Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale," *J. Usability Studies*, vol. 4, no. 3, pp. 114–123, May 2009.