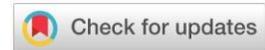


PENGEMBANGAN APLIKASI AUGMENTED REALITY GAMELAN JAWA MENGGUNAKAN METODE MULTIMEDIA DEVELOPMENT LIFE CYCLE

Yusuf Ardiansyah¹⁾, Sutarman²⁾

Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta
email: yusuf.5200411173@student.uty.ac.id, sutarman@uty.ac.id

Abstract



Javanese Gamelan is a traditional Indonesian musical instrument rich in history and culture. However, many people need to become more familiar with Javanese Gamelan musical instruments and help them understand how to play them. This research aims to increase the general public's interest in studying gamelan by applying augmented reality technology to Android mobile devices. The application is designed to display 3D objects and information about each Javanese gamelan instrument that can be sounded or played. The system design uses the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) method. It is implemented using the Marker Tracking method or pattern recognition and marker detection to virtually display 3D models of Javanese Gamelan musical instruments on Android devices. The evaluation was carried out to measure the effectiveness of the application in introducing and educating users about Javanese Gamelan musical instruments. Hopefully, this application for introducing Javanese Gamelan using AR technology can increase people's understanding and appreciation of Javanese Gamelan musical instruments. Apart from that, it is also hoped that this application can become a means of education and promotion of Javanese Gamelan music culture to the younger generation and the wider community.

Keywords: *Gamelan, Augmented reality, Traditional, MDLC, Markerbased.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki beragam ragam budaya yang dapat ditemukan di seluruh kepulauan yang terbentang dari Sabang hingga Merauke. Kebudayaan ini merupakan hasil peradaban manusia yang meliputi berbagai bentuk seperti adat istiadat, tarian, musik, dan acara ritual, yang diwariskan secara turun temurun dan dilestarikan oleh masyarakat. Di Pulau Jawa terdapat berbagai suku bangsa dengan keunikan budayanya masing-masing. Jawa Tengah adalah salah satu provinsi yang terletak di Pulau Jawa, mempunyai ciri khas budaya unik yang tidak ditemukan di daerah lain [1]. Salah satu kebudayaan Indonesia adalah gamelan yang merupakan peninggalan nenek moyang dan tidak diketahui siapa, kapan dan bagaimana gamelan ditemukan. Dalam pertunjukan wayang kulit dan ketoprak biasanya menggunakan gamelan untuk pengiringnya [2].

Seiring berjalannya waktu masyarakat mulai meninggalkan kebudayaan salah satunya

alat musik tradisional gamelan. Saat ini alat musik tradisional terutama gamelan kurang diminati dibandingkan alat musik modern. Akan berdampak negatif jika generasi muda mulai meninggalkan budaya dan informasi mengenai alat musik tradisional gamelan karena berpotensi memungkinkan negara lain mencuri warisan budaya Indonesia. Dalam menangani masalah tersebut penulis membuat penelitian ini dengan tujuan untuk menyediakan media pengenalan yang lebih interaktif, sehingga memudahkan pengguna mendapatkan pengalaman yang menyenangkan dan mencegah kebosanan.

Augmented reality sendiri adalah teknologi yang dapat menggabungkan objek 3 dimensi kedalam dunia nyata secara interaktif, memadukannya untuk menciptakan ruang campuran, dan memroyeksikannya secara *real-time* [3], [4]. Secara umum, aplikasi AR bertujuan untuk memberikan informasi yang lebih jelas, *real-time*, dan interaktif kepada pengguna [5].



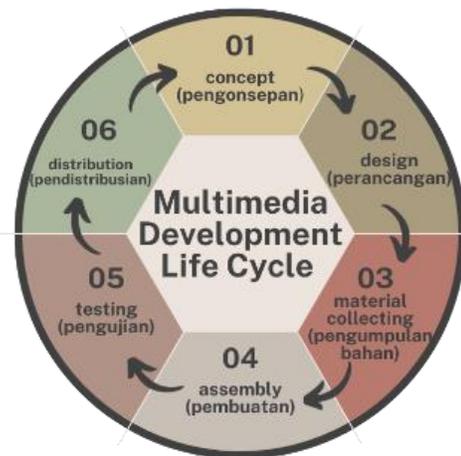
Latar belakang dibuatnya aplikasi *augmented reality* gamelan Jawa ini adalah untuk meningkatkan minat masyarakat umum dalam mempelajari gamelan dengan memanfaatkan teknologi *augmented reality* dan terapan pada perangkat *mobile android*. Aplikasi dirancang untuk menampilkan objek 3D dan informasi dari masing-masing instrumen gamelan Jawa yang dapat dibunyikan atau dimainkan [6]. Metode penerapan sistem menggunakan *marker based*. Metode *marker based* merupakan metode yang menggunakan pola unik untuk menandai lokasi suatu objek AR. *Marker* sendiri berbentuk pola persegi berwarna hitam putih dengan pinggiran berwarna hitam pekat [7].

Dalam penelitian ini penulis membandingkan dan menguji metode penelitian *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) dan *Research and Development* (R&D), karena kedua metode tersebut mudah dipakai dan cocok untuk aplikasi berbasis mobile [8]. Sedangkan metode penelitian yang digunakan adalah *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), MDLC adalah Pengembangan teknik multimedia yang didasarkan pada enam langkah, yaitu konsep, Perancangan, pengumpulan materi, pembuatan, pengujian, dan pendistribusian [9]. Metode MDLC dipilih karena memiliki pengembangan berurutan dalam menyelesaikan pengembangan aplikasi, Metode MDLC dianggap cocok untuk penelitian *augmented reality* karena tahapan yang jelas dan mudah dipahami [10].

Terdapat penelitian terdahulu mengenai penelitian ini yaitu dari Wibowo et al [11] dengan judul "Pengenalan Alat Musik Tradisional Gamelan Jawa Berbasis Android Menggunakan *Augmented Reality*". Perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada metode yang digunakan, yaitu menggunakan metode ADDIE, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode MDLC. Perbedaan lain dalam penelitian sebelumnya yaitu mengenai fitur dalam aplikasi yang berisi sejarah gamelan, 3D objek, dan *quiz*. Sedangkan pada aplikasi saat ini berisi fitur 3D objek, memainkan gamelan secara digital, dan informasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) di salah satu pembuat gamelan Jawa yang beralamat di desa Sidomuluk, RT 02/01, Tlogowatu, Kemalang, Klaten, Jawa Tengah. Metode ini didasarkan pada enam tahap, yaitu *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing* dan *distribution* [12]. Alur *Multimedia Development Life Cycle* dapat dilihat pada gambar 1. Berikut tahapan – tahapan metode MDLC:



Gambar 1. Alur *Multimedia Development Life Cycle*

2.1 Concept (Pengkonsepan)

Tahap *concept* (pengkonsepan) adalah tahap membuat sebuah konsep dari tahap pembuatan sebuah aplikasi dari mulai menentukan siapa pengguna aplikasi (identifikasi audience), tujuan dari aplikasi, media dan menentukan spesifikasinya [13]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan pemahaman dan apresiasi masyarakat terhadap alat musik Gamelan Jawa. Aplikasi ini Memiliki masukan berupa gambar/*marker* dan memiliki keluaran berupa objek 3D gamelan dan suara.

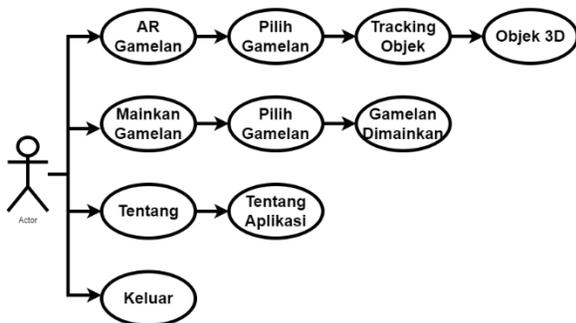
2.2 Design (Perancangan)

Desain adalah proses penerapan berbagai teknik dan prinsip untuk mendefinisikan suatu perangkat atau sistem dengan cukup detail agar memungkinkan secara fisik [14]. Langkah

pertama yaitu perancangan konseptual menggunakan UML, UML adalah Sebuah bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk merancang, mendokumentasikan, dan memodelkan perangkat lunak dan sistem informasi. Pemodelan UML terdiri atas *use case diagram*, *activity diagram*, dan *sequence diagram* [15].

2.2.1 Perancangan Use case Diagram.

Use case diagram merupakan model yang menggambarkan hubungan antara aktor dan aktivitas dalam sistem [16]. Untuk *use case diagram* aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.

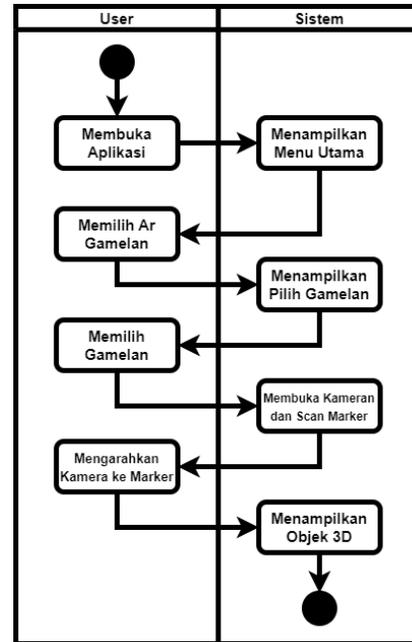


Gambar 2. Use case diagram

Pada rancangan *Use case* terdapat 4 tombol yaitu Ar Gamelan, Mainkan Gamelan, tentang dan Keluar. Tombol AR Gamelan berfungsi untuk masuk dihalaman Pilih Ar Gamelan. Tombol Mainkan Gamelan berfungsi untuk masuk halaman pilih gamelan untuk di mainkan. Tombol tentang berfungsi untuk masuk di halaman pilih informasi gamelan. Tombol Keluar berfungsi untuk keluar dari aplikasi.

2.2.2 Perancangan Activity diagram

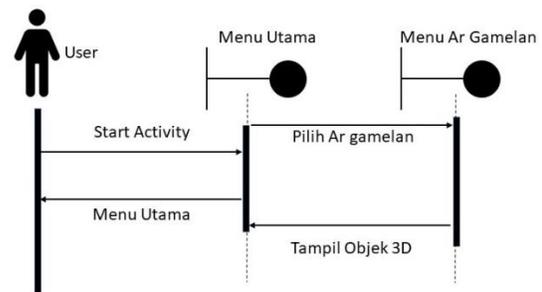
Jenis diagram yang digunakan dalam pemodelan proses bisnis untuk menggambarkan aliran kerja atau aktivitas yang terjadi dalam suatu proses atau sistem. Urutan proses sistem direpresentasikan secara *vertical* [17].



Gambar 3. Activity diagram

2.2.3 Perancangan Sequence diagram

Representasi visual dari serangkaian tindakan yang menunjukkan bagaimana peristiwa dalam sistem aplikasi ini merespons disebut sebagai *sequence diagram*[18]. *Sequence diagram* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sequence diagram

2.3 Material Collecting (Pengumpulan Bahan)

Observasi dan studi *literature* digunakan sebagai metode pengumpulan data dalam penelitian ini. Observasi adalah teknik pengumpulan data langsung yang digunakan di lapangan untuk mengidentifikasi unsur-unsur yang diperlukan dan mencatat setiap detail yang relevan dengan penelitian [19]. Observasi dilakukan di salah satu pembuat gamelan yang

beralamat di desa Sidomuluk, Tlogowatu, Kemalang, Klaten, Jawa Tengah.



Gambar 5. Proses Pengambilan Data

Sedangkan metode studi literature merupakan suatu cara pengumpulan data dengan memahami dan meneliti teori-teori dari berbagai karya ilmiah yang berkaitan [20]. Referensi berisikan tentang, *augmented reality* secara umum, cara memainkan gamelan, suara, bentuk, bahan dari gamelan.

3.4 Assembly (Pembuatan)

Semua objek multimedia diproduksi dalam tahap assembly, disebut juga produksi. Tahap desain yang meliputi *user interface* pengguna menjadi dasar pengembangan suatu aplikasi [21]. Pembuatan aplikasi pengenalan gamelan ini menggunakan *unity 3D* sebagai aplikasi *Augmented reality*. *Blender* sebagai pembuatan objek 3D, *vuforia* sebagai *software development kit*. Berikut hasil pembuatan berdasarkan proses desain sebagai berikut:



Gambar 6. Desain Marker Saron



Gambar 7. Desain Objek 3D Saron

3.5 Testing (Pengujian)

Pada tahap pengujian yaitu menjalankan aplikasi pengenalan gamelan jawa apakah berjalan dengan baik atau tidak, jika ada masalah maka pengujian gagal, sedangkan jika pengujian lolos, aplikasi layak untuk digunakan. Pengujian dilakukan dengan beberapa cara yaitu pengujian fungsional (*black box*), pengujian kinerja aplikasi, pengujian kompatibilitas.

3.5.1 Pengujian Fungsional (*black box*)

Metode pengujian perangkat lunak di mana pengujian dilakukan tanpa memperhatikan struktur internal kode atau logika dari aplikasi yang diuji [22]. Untuk memastikan validasi dan konsistensi sistem. Pengujian dapat dilihat pada table 1.

Table 1. Pengujian Fungsional (*black box*)

No	Fitur	Cara Pengujian	Hasil
1	Form menu utama	Membuka aplikasi	Lancar
2	Form Ar Gamelan	Menekan tombol Ar Gamelan	Lancar
3	Form Ar Saron	Menekan tombol Ar Saron	Lancar
4	Deteksi <i>marker</i>	Memperlihatkan <i>marker</i> ke Camera	Lancar
5	Form Mainkan Gamelan	Menekan tombol Mainkan Gamelan	Lancar

No	Fitur	Cara Pengujian	Hasil
6	Form Pilih Gamelan	Menekan Tombol Saron	Lancar
7	Form Memainkan Gamelan	Menekan Gamelan	Lancar
8	Form tentang	Menekan tombol tentang	Lancar
9	Form quit	Menekan tombol quit	Lancar
10	Form exit	Menekan tombol exit	Lancar

3.5.2 Pengujian Kinerja Aplikasi

Tujuan utama pengujian kinerja adalah memastikan bahwa aplikasi berfungsi dengan baik dalam hal responsivitas, stabilitas, keandalan, dan skalabilitas dalam menghadapi berbagai beban kerja dan situasi yang mungkin terjadi di lingkungan produksi. Aspek yang akan diuji meliputi ukuran file, sumber daya aplikasi, dan waktu pemrosesan. Pengujian dapat dilihat pada table 2.

Table 2. Pengujian Kinerja Aplikasi

No	Kinerja yang diuji	Hasil
1	Ukuran file (apk)	53,7 mb
2	Ukuran file setelah di instal pada device	105 mb
3	Daya yang diperlukan saat mengakses semua fitur	4%
4	Waktu yang dibutuhkan saat membuka aplikasi	1 detik
5	Waktu yang dibutuhkan saat mengaktifkan camera	0,5 detik
6	Waktu rata-rata saat membuka form	2 detik

3.5.3 Pengujian kompatibilitas

Aplikasi pengenalan gamelan jawa menggunakan teknologi *augmented reality* ini telah melalui pengujian kompatibilitas untuk melihat apakah dapat bekerja dengan baik di berbagai perangkat Android dengan spesifikasi

yang beragam. Pengujian dapat dilihat pada table 3.

Table 3. Pengujian kompatibilitas

Tipe Device	Prosesor	Ram	Kamera	Keterangan
Vivo Y33t	Snapdragon 680 6nm	8	50 mp	Berjalan lancar
Vivo Y95	Snapdragon 439 12nm	4	13 + 2 mp	Berjalan lancar
Vivo V11	Octa-core 2.0GHz	4	16 + 5 mp	Berjalan lancar
Vivo V7	Octa Core	4	16 mp	Berjalan Lancar
Redmi note 11	Snapdragon 680	4	50 mp	Berjalan lancar

3.6 Distribution (Distribusi)

Proses yang dilakukan pada tahap distribusi meliputi penyimpanan media pembelajaran ke dalam media penyimpanan berupa *Compact Disk* (CD), yang kemudian didistribusikan kepada masyarakat umum untuk digunakan sebagai alat pengenalan gamelan Jawa. penulis juga menggunakan media sosial sebagai media promosi aplikasi agar masyarakat mengetahui mengenai aplikasi tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari aplikasi ini dibuat untuk meningkatkan apresiasi dan pemahaman masyarakat terhadap alat musik Gamelan Jawa. Selain itu, aplikasi ini juga diharapkan dapat menjadi sarana pendidikan dan promosi budaya musik Gamelan Jawa kepada generasi muda dan masyarakat luas. Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi pengenalan gamelan jawa yang memiliki fitur menampilkan objek 3D gamelan jawa, Memainkan gamelan dimana gamelan jawa dapat dimainkan secara digital. Dalam aplikasi ini terdapat beberapa halaman yaitu, halaman Splash Screen, Halaman menu utama, Halaman Ar Gamelan, Halaman memainkan Gamelan, dan Halaman tentang. Berikut adalah hasil dari tangkapan layar tampilan aplikasi yang dipasang

pada perangkat android dengan resolusi 1080 x 2408:

Splash screen dapat digunakan untuk menampilkan informasi penting kepada pengguna, seperti pesan selamat datang, slogan, atau kutipan inspiratif yang terkait dengan aplikasi atau perusahaan. Ini dapat membantu membangun koneksi emosional dengan pengguna sejak awal.



Gambar 8. Halaman Splash Screen

Pada halaman menu utama terdapat 4 tombol yaitu Ar Gamelan, Mainkan Gamelan, tentang dan Keluar. Tombol AR Gamelan berfungsi untuk masuk di halaman Pilih Ar Gamelan. Tombol Mainkan Gamelan berfungsi untuk masuk halaman pilih gamelan untuk di mainkan. Tombol tentang berfungsi untuk masuk di halaman pilih informasi gamelan. Tombol Keluar berfungsi untuk keluar dari aplikasi.



Gambar 9. Halaman Menu Utama

Halaman Ar Gamelan akan menampilkan gamelan secara 3D dengan cara mengarahkan kamera ke *marker* yang sudah tersedia. Digunakan program aplikasi blender dan sktchup untuk membuat objek 3D. Kamera akan mendeteksi *marker* yang cocok dan akan memunculkan objek 3.



Gambar 10. Halaman Ar Gamelan

Halaman Memainkan gamelan, pengguna dapat memainkan gamelan secara digital. Suara gamelan sesuai dengan suara aslinya dan terdapat tombol keluar halaman untuk kembali kehalaman memainkan gamelan.



Gambar 11. Halaman Memainkan Gamelan

4. KESIMPULAN

Hasil dari perancangan aplikasi terdapat beberapa halaman yaitu halaman menu utama, halaman Ar gamelan, halaman memainkan gamelan. Dari hasil pengujian fungsional (*Black box*), dapat diperoleh hasil yang baik dimana semua fitur dalam aplikasi berjalan lancar dan dapat dijalankan dengan normal tanpa adanya kesalahan dengan persentase 100%. Pengujian fungsional tersebut diuji menggunakan sistem operasi android 11 yaitu vivo Y33t. Dari hasil pengujian kinerja aplikasi, dapat diperoleh hasil yang sangat baik dimana aplikasi berjalan lancar dan tidak memberatkan sistem operasi. Dalam pengujian kompatibilitas, memiliki persentase 100% dimana aplikasi dapat dijalankan diberbagai perangkat android. Jika dibandingkan dengan penelitian dari [11].

Dalam penelitian ini, telah berhasil dikembangkan aplikasi pengenalan Gamelan Jawa menggunakan teknologi *Augmented reality* (AR) berbasis Android dengan metode

Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mempelajari dan mengenal alat musik Gamelan Jawa secara interaktif melalui penggunaan *marker* fisik dan model 3D yang ditampilkan di perangkat Android. Pengguna dapat memahami dengan cara memainkan alat musik Gamelan Jawa melalui informasi yang disajikan dalam aplikasi. Selain itu, pengalaman visualisasi dengan model 3D dan audio memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan menarik bagi pengguna.

5. REFERENSI

- [1] A. Sudradjat, I. A. Hoerunisa, R. K. Atmaja, dan R. Ramadan, "Animasi Interaktif Ragam Kebudayaan Jawa Tengah Berbasis Android," *Information Management for Educators and Professionals*, vol. 6, no. 1, hlm. 11–20, 2021.
- [2] L. W. Widianti dan F. I. Wardani, "Aplikasi Pengenalan Gamelan Jawa untuk Siswa Sekolah Dasar Berbasis Android Menggunakan Adobe Flash Professional CS6," *Jurnal SIKOMTEK*, vol. 12, no. 2, hlm. 29–35, 2022.
- [3] A. F. Ramadhan, A. D. Putra, dan A. Surahman, "Aplikasi pengenalan perangkat keras komputer berbasis android menggunakan *augmented reality* (ar)," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 2, hlm. 24–31, 2021.
- [4] N. Rianto, "Pengenalan Alat Musik Tradisional Lampung Menggunakan *Augmented reality* Berbasis Android," *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 2, no. 1, hlm. 64–72, 2021.
- [5] Y. Ikhwani dan M. R. Raharjo, "Implementasi *Augmented reality* Untuk Media Informasi Buah Langka Khas Kalimantan Selatan," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 4, hlm. 187–190, 2020.
- [6] A. Triaji, "Pembuatan Aplikasi *Augmented reality* Sebagai Media Pengenalan Alat Musik Gamelan Jawa Berbasis Android," *JoMMiT: Jurnal Multi Media dan IT*, vol. 5, no. 2, 2021.
- [7] R. G. Pangita, R. Afwani, dan A. Z. Mardiansyah, "Implementasi *Augmented reality* sebagai media pembelajaran perangkat Internet of Things dengan metode *Marker Based Tracking*," *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, vol. 7, no. 1, hlm. 11–21, 2023.
- [8] N. A. Hawari dan E. D. Putra, "Analisis Perbandingan Metode Multimedia Development Live Cycle Pada *Augmented reality*," *JURNAL MEDIA INFOTAMA*, vol. 18, no. 1, hlm. 48–55, 2022.
- [9] A. Triyono, "Aplikasi Pembelajaran Biologi Tentang Tanaman Berbasis *Augmented reality* Untuk Kelas XI," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 2, no. 1, hlm. 39–53, 2021.
- [10] D. A. P. R. Nofa, R. Dijaya, dan S. Sumarno, "Aplikasi untuk marketing mukena handmade berbasis *augmented reality*," *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, vol. 12, no. 1, hlm. 136–145, 2023.
- [11] S. Wibowo, M. F. Arif, dan N. Q. Nada, "PENGENALAN ALAT MUSIK TRADISIONAL GAMELAN JAWA BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN *AUGMENTED REALITY*," *Indonesian Journal of Informatics and Research*, vol. 3, no. 1, hlm. 1–7, 2022.
- [12] S. Lusa, Y. Rahmanto, dan B. Priyopradono, "The Development Of Web 3d Application For Virtual Museum Of Lampung Culture," *Psychology and Education Journal*, vol. 57, no. 9, hlm. 188–193, 2020.

- [13] F. Alfiansyah dan S. L. M. Sitio, "Implementasi Metode *Multimedia Development Life Cycle* (Mdlc) Pada Aplikasi Edukasi Interaktif Pengenalan Mental Health Kepada Masyarakat Berbasis Mobile," *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan*, vol. 1, no. 01, hlm. 6–16, 2022.
- [14] A. Ardian, "Perancangan Aplikasi Pengolah Data Siswa Berbasis Android (Studi Kasus: Mis Nurul Huda Labuhan Batu Selatan)," *Journal of Computer Science and Information System (JCoInS)*, vol. 2, no. 2, hlm. 113–123, 2021.
- [15] M. Syarif dan W. Nugraha, "Pemodelan diagram uml sistem pembayaran tunai pada transaksi e-commerce," *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, vol. 4, no. 1, hlm. 64–70, 2020.
- [16] T. Arianti, A. Fa'izi, S. Adam, dan M. Wulandari, "Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Menggunakan Diagram UML (Unified Modelling Language)," *Jurnal Ilmiah Komputer Terapan dan Informasi*, vol. 1, no. 1, hlm. 19–25, 2022.
- [17] R. M. M. Prasetyo, H. Syaputra, W. Cholil, dan S. Sauda, "Rancang Dan Bangun Game Edukasi Anak-Anak Berbasis Android Dengan *Unity* Menggunakan Metode *Game Development Life Cycle*," *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 2, hlm. 103–111, 2021.
- [18] S. Nabila, A. R. Putri, A. Hafizhah, F. H. Rahmah, dan R. Muslikhah, "Pemodelan Diagram UML Pada Perancangan Sistem Aplikasi Konsultasi Hewan Peliharaan Berbasis Android (Studi Kasus: Alopel)," *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, vol. 12, no. 2, hlm. 130–139, 2021.
- [19] S. Hanyfah, G. R. Fernandes, dan I. Budiarmo, "Penerapan Metode Kualitatif Deskriptif Untuk Aplikasi Pengolahan Data Pelanggan Pada Car Wash," dalam *Semnas Ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi)*, 2022.
- [20] M. N. Adlini, A. H. Dinda, S. Yulinda, O. Chotimah, dan S. J. Merliyana, "Metode penelitian kualitatif studi pustaka," *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, vol. 6, no. 1, hlm. 974–980, 2022.
- [21] D. R. D. Putri, M. R. Fahlevi, dan F. A. Putri, "Implementasi Metode Pengembangan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) Pada Website Pembelajaran Sistem Multimedia," *Jurasik (Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 1, hlm. 70–81, 2023.
- [22] R. Parlika, T. A. Nisaaâ, S. M. Ningrum, dan B. A. Haque, "Studi Literatur Kekurangan dan Kelebihan Pengujian *Black box*," *Teknomatika*, vol. 10, no. 2, hlm. 131–140, 2020.