

MODEL ADDIE PADA *AUGMENTED REALITY* HEWAN PURBA BERSAYAP MENGGUNAKAN ALGORITMA *FAST CORNER DETECTION* DAN NFT

Pramesti Sifa Aisya Nuha¹⁾, Septi Andryana²⁾, Ira Diana Sholihati³⁾

^{1, 2, 3)}Informatika, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Universitas Nasional

Ps. Minggu, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta

e-mail: sifa.aisah@gmail.com¹⁾, septi.andryana@civitas.unas.ac.id²⁾, iradiana2803@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Pengenalan objek menggunakan *Augmented Reality* sudah menjadi trend di dunia media promosi kepada anak-anak usia dini hingga masyarakat umum. Objek yang digunakan berupa hewan, tumbuhan, huruf, angka dan lain lain. Penelitian ini menggunakan objek berupa hewan purbakala yang sudah punah sejak jutaan tahun yang lalu. Tujuan penelitian ini yaitu berfokus pada pengenalan hewan-hewan purbakala untuk anak-anak bahwa terdapat hewan reptil yang berpostur raksasa telah hidup di zaman dahulu. Meskipun reptil ini telah punah, mereka akan menggunakan *Augmented Reality* pada penelitian ini sebagai media informasi yang menarik. Model ADDIE dikembangkan pada penelitian ini yang disusun oleh *Natural Feature Tracking* (NFT) menggunakan Algoritma *FAST Corner Detection* ke arah tingkat keberhasilan yang tinggi. Hasil pengujian pada beberapa versi android berupa objek gambar memiliki tingkat keakuratan yang tinggi melalui perhitungan *FAST Corner Detection* dan pengujian metode NFT. Semakin tinggi rating objek yang ditunjukkan pada *vuforia*, maka semakin tinggi ketelitian dalam mendeteksi objek pada marker.

Kata Kunci: *Augmented Reality, Hewan Purba Bersayap, Model ADDIE, FAST Corner Detection, Natural Feature Tracking.*

ABSTRACT

Object recognition using *Augmented Reality* has become a trend in the world of promotional media for early childhood children to the general public. The objects used are animals, plants, letters, numbers and others. This study uses objects in the form of ancient animals that have been extinct since millions of years ago. The purpose of this study is to focus on introducing ancient animals to children that there are reptiles with giant postures that have lived in ancient times. Even though these reptiles have become extinct, they will use *Augmented Reality* in this study as an interesting medium of information. The ADDIE model developed in this study was compiled by the *FAST Corner Detection* and *Natural Feature Tracking* (NFT) Algorithm towards a high success rate. The test results on several versions of android in the form of image objects have a high level of accuracy through the calculation of *FAST Corner Detection* and testing the NFT method. The higher the object rating shown on *vuforia*, the higher the accuracy in detecting objects on the marker.

Keywords: *Augmented Reality, Winged Archeology, ADDIE Model, FAST Corner Detection, Natural Feature Tracking.*

I. PENDAHULUAN

PENGENALAN hewan-hewan biasa dilakukan oleh orang tua melalui wisata edukasi ke kebun binatang. Namun, tidak berlaku untuk hewan-hewan purbakala yang hanya berupa fosil di museum. Anak-anak akan kurang informasi mengenai morfologi hewan purbakala yang ternyata memiliki postur raksasa[1].

Pendidikan mengenai hewan purbakala melalui *Augmented Reality* menjadi faktor yang penting karena anak-anak cukup mengaksesnya melalui *gadget* yang dimiliki dengan cara scanning marker yang telah disediakan[2]. Teknologi *Augmented Reality* digunakan sebagai *digital content* untuk membantu anak-anak dalam mengenal hewan purbakalan yang menjadi objek di dalam penelitian ini[3]. Reptil bersayap memiliki kemiripan morfologi dari bentuk paruh dan postur tubuhnya. Maka, penelitian ini menggunakan objek hewan purbakala bersayap dengan tujuan anak-anak dapat mengidentifikasi dengan tepat.

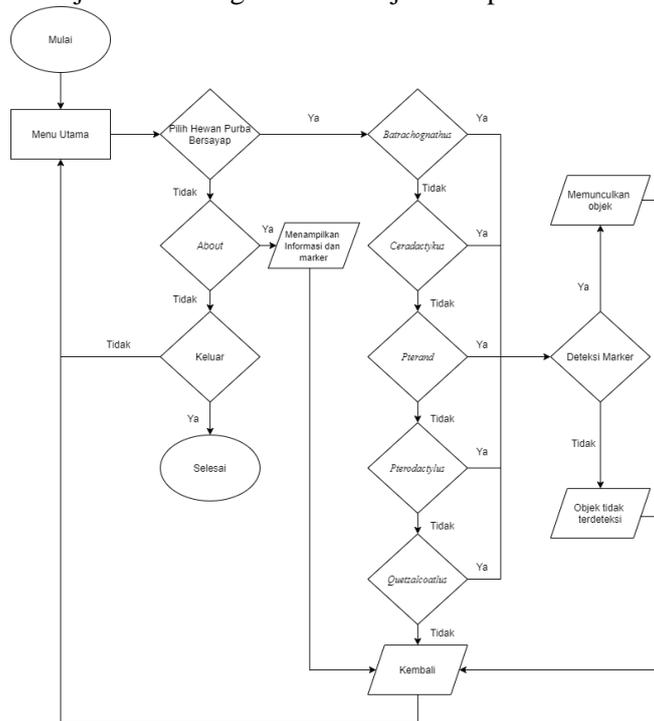
Hal yang perlu di tekankan dalam penggunaan *Augmented Reality* adalah untuk memahami suatu objek dengan teliti dan memotivasi anak-anak dalam pembelajaran secara visual yang beredukasi[4]. Dengan adanya ini, anak-anak tidak mudah bosan dalam mempelajari suatu materi. Terutama untuk anak usia dini yang masih dalam lingkungan bermain meskipun sedang belajar. Maka, *Augmented Reality* di era saat ini sangat luas keberadaannya dari beragam bidang. Aplikasi AR hewan purbakala bersayap mendukung pembelajaran zaman prasejarah dengan periode zaman mesozoikum yang dikenal dengan nama dinosourus. Teknologi ini mampu menghidupkan kembali benda-benda mati melalui objek maya yang disajikan secara *real-time*[5]. Objek yang ditampilkan melalui *smartphone* berupa 3D hewan purbakala bersayap yang di proses menggunakan marker berisi gambar objek[6].

Berdasarkan pemaparan penelitian yang menggunakan algoritma FCD dan metode NFT yaitu aplikasi AR menggunakan objek pengenalan tata surya dengan marker berbentuk kubus sehingga menghasilkan sudut yang terbaca yaitu 360⁰[7]. Penelitian lain dengan menggunakan objek pengenalan perangkat keras komputer sebagai pembelajaran interaktif pada anak[8]. Berdasarkan perbandingan dari penelitian sebelumnya maka AR Hewan Purba Bersayap mengambil dasar Model ADDIE sebagai penyusun dari implementasi metode NFT dengan algoritma FCD yang dibantu oleh marker based tracking. Tujuannya untuk mempermudah user dalam melakukan *scanning* pada *marker* yang telah dibuat

II. METODE PENELITIAN.

A. Perancangan Aplikasi

Augmented Reality sebagai objek pengenalan hewan purba bersayap dirancang sebaik mungkin. Melalui *flowchart* pada Gambar 1 akan menjelaskan mengenai alur kerja dari aplikasi AR ini.



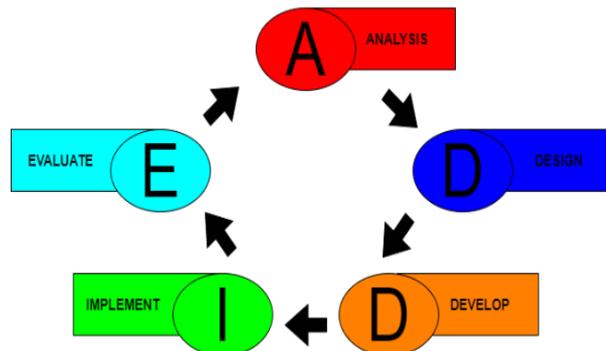
Gambar 1. Flowchart AR Hewan Purba Bersayap

Anak-anak atau *user* yang dituju pada penelitian ini akan dimanjakan dengan beberapa hewan purbakala bersayap yang akan menemaninya dalam belajar mengenalinya. Mereka akan disuguhkan dengan cara melakukan *scanning* pada *marker* yang telah disediakan untuk memunculkan objek dan mengetahui keterangan dari objek tersebut.

B. Pengembangan Augmented Reality

1) Model ADDIE

Penelitian pada AR Hewan Purba Bersayap ini dikembangkan oleh Model ADDIE melalui tahap prosedur pada Gambar 2[9]:



Gambar 2. Model ADDIE

Gambar 2 mendefinisikan kelima tahap yang dikembangkan model ADDIE yang ditujukan untuk membangun aplikasi AR agar tersusun menjadi sebuah aplikasi yang layak digunakan oleh konsumen.. Proses analisis diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan, tujuan, dan tugas dari aplikasi. Hasil dari tahapan ini akan dilanjutkan ke dalam tahap desain sebagai perancangan awal aplikasi. Selanjutnya mendesain aplikasi, tahapan ini akan menghasilkan perancangan objek 3D berupa hewan purba bersayap dan *user interface* yang akan ditampilkan pada aplikasi. Pengembangan aplikasi ini berdasarkan penyusunan kerangka yang telah dirancang untuk dimasukkan ke dalam *asset game engine* Unity. Selanjutnya, di *export* menggunakan Vuforia SDK untuk dimasukkan ke dalam database dan disusun menjadi layout menu. Setelah aplikasi selesai, maka dilakukan tahap implementasi artinya aplikasi sudah siap diuji untuk diidentifikasi adanya *error* atau *bug* saat dijalankan. Tahap akhir dalam merancang aplikasi yaitu evaluasi dengan menggunakan respond user untuk mengetahui kinerja aplikasi.

2) Algoritma FAST Corner Detection (FCD)

Algoritma FCD merupakan algoritma yang digunakan sebagai pendeteksi gambar berdasarkan titik sudut yang diekstraksi dengan kinerja perhitungan yang tinggi [10]. Pelacakan objek 3D dilakukan dengan memindai seluruh objek menggunakan fitur ekstraksi Algoritma FCD[11].

Algoritma FCD dipilih dalam penelitian ini karena menawarkan keuntungan berupa membutuhkan sedikit komputasi untuk di deteksi sudut dan sangat cocok untuk situasi yang membutuhkan hasil berupa gambar nyata[12]. Proses algoritma FCD diawali dari objek, pilih titik pertama sebagai titik p pada piksel tengah. Lalu, sumbikan tepi piksel p sebagai perwakilan pusat lingkaran yang memiliki 16 piksel dan mbil 3 piksel sebagai radius lingkungan. Piksel aktif keliling diberi lambang p1, p2, ..., p16 dengan searah jarum jam dan analisis titik pusat p dengan koordinat di sekelilingnya. Jika 3 poin koordinat memenuhi maka p akan menjadi titik pusat.

3) Natural Feature Tracking

Pemaparan dari *Natural Feature Tracking* (NFT) yang digunakan pada *Augmented Reality* terdapat pada *library vuforia* yang berfungsi sebagai pengenalan pola pada titik-titik sudut gambar[13]. *Natural Feature Tracking* ini dapat mengusulkan solusi dari masalah pelacakan di bidang AR untuk sepenuhnya otomatis[14].

4) Marker

Marker merupakan objek yang akan dilakukan pelacakan oleh kamera untuk dijadikan objek nyata. Merancang pola atau gambar *marker* sebaiknya tidak rumit dikarenakan untuk memudahkan objek yang muncul dengan sangat baik[15]. Penggunaan marker pada penelitian ini yaitu user dapat mendownloadnya terlebih dahulu sebelum melakukan scanning AR. Tabel I merupakan *marker* yang digunakan pada proyek penelitian AR Hewan Purba Bersayap:

TABEL I
MARKER AR HEWAN PURBA BERSAYAP

Bagian Marker Hewan Purba Bersayap	Nama Hewan
	<i>Batrachognathus</i>
	<i>Ceradactylus</i>
	<i>Pterand</i>
	<i>Pterodactylus</i>



Quetzalcoatlus

Hewan purba bersayap yang dijadikan objek AR terdiri dari *Batrachognathus*, *Ceradactylus*, *Pterand*, *Pterodactylus*, dan *Quetzalcoatlus*. Dari kelima objek itu memiliki morfologi dan ciri-ciri yang berbeda. Keterangan tersebut akan ditampilkan saat *user* melakukan scanning pada *marker* yang disediakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model ADDIE

1) Analisis

Spesifikasi perangkat keras (*hardware*) saat melakukan penelitian akan mempengaruhi proses kinerja pada perangkat lunak (*software*) yang digunakan ketika membuat sebuah proyek. Maka, pentingnya mengidentifikasinya sebelum memulai proyek untuk terhindar dari masalah spesifikasi terkait software yang akan digunakan. Berikut adalah hasil analisa dari kebutuhan penelitian:

TABEL II
SPESIFIKASI PERANGKAT KERAS

Perangkat Keras	Spesifikasi
Prosesor	Core i3
RAM	8 GB
HDD & SSD	1,5 TB

Tabel identifikasi perangkat keras yang digunakan adalah bertujuan untuk mengetahui tingkatan spesifikasi saat membangun aplikasi AR. Sehingga *user* yang akan membangun aplikasi AR lainnya dapat dijadikan acuan untuk spesifikasi perangkat keras yang dimiliki.

TABEL III
PERANGKAT LUNAK

Perangkat	Fungsi
Unity 3D 2017.3.0f3	Sebagai <i>game engine</i> dalam membangun aplikasi
Vuforia SDK	Untuk menyimpan <i>marker</i> yang terbaca pada Unity
Microsoft Visual Studio 2017	Sebagai pembuatan <i>source code</i> dalam bahasa C#
Draw.io	Untuk merancang diagram alir pada aplikasi

Tabel perangkat lunak merupakan acuan untuk *user* dalam mempersiapkan *software* pada perangkatnya sebelum mulai membangun AR. *Software* yang disebutkan pada Tabel II telah terintegrasi pada spesifikasi perangkat keras di Tabel III.

2) Desain

Berikut hasil desain *user interface* yang akan tampil untuk aplikasi AR Hewan Purba Bersayap:



Gambar 3. Menu utama AR

Pada menu utama, *user* akan disuguhkan dengan 3 button untuk mulai, petunjuk, dan keluar. Pemilihan animasi gambar yang cocok untuk menarik minat anak-anak merupakan tujuan utama pada pembangunan AR ini.



Gambar 4. Menu Petunjuk AR

Menu ini akan memberikan informasi tentang aplikasi AR seperti, sedikit penjelasan mengenai tentang aplikasi dan *download marker*. Sebelum menggunakan aplikasi ini, *user* diharuskan mendownload *marker* pada menu tersebut.



Gambar 5. Menu AR Mengenal Hewan Purba Bersayap

Sebelum melakukan *scanning* terhadap *marker* yang sudah di *download*, *user* dapat memilih salah satu hewan terlebih dahulu. Gambar hewan yang muncul pada tampilan sudah sesuai dengan *marker* yang di *download* oleh *user*.

3) Pengembangan

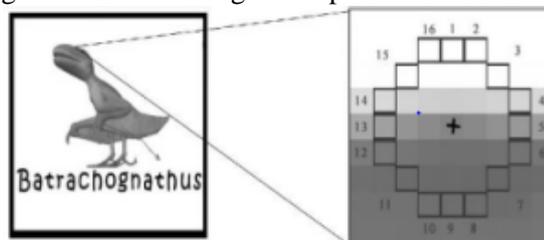
Pembuatan Augmented Reality Hewan Purba Bersayap menggunakan *software* Unity 3D sebagai perancang *game engine* dan Vuforia SDK sebagai *library marker*. *Marker* diolah melalui situs <https://developer.vuforia.com/>. Setelah melalui tahap registrasi maka gambar dan *asset* lainnya dapat di upload dan diproses hingga menjadi *file library* berbentuk *.unitypackage* untuk di unduh. Aplikasi ini menggunakan 5 gambar sebagai penanda/*marker*. Tahap selanjutnya yaitu menambahkan fungsi-fungsi yang diperlukan untuk tampilan menggunakan bahasa C#.

4) Implementasi

Hasil implementasi dari bagian ini yaitu mengenai penerapan Algoritma FCD dan Metode NFT.

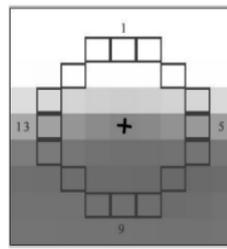
a. Implementasi Algoritma FAST Corner Detection

1. Koordinat piksel tengah yang diasumsikan sebagai titik p dan membentuk 16 poin dengan radius 3 piksel.



Gambar 6. Koordinat titik p

2. Kemudian menentukan 4 poin koordinat yaitu poin (n=1) di (x_p, y_{p+3}) , (n=2) di (y_{p+3}, x_p) , (n=3) di (x_p, y_{p-3}) , dan (n=4) di (x_{p-3}, y_p) .



Gambar 7. Koordinat poin

3. Selanjutnya, komparasi keempat koordinat yang mengilingi titik pusat p. Apabila sedikitnya 3 titik telah memenuhi 3koordinat poin dalam FCD maka titik sudut dapat dinyatakan sebagai titik pusat p. Dengan syarat:

$$S_{p \rightarrow x} = \begin{cases} d, & \leq I_p - t & (\text{Gelap}) \\ s, I_p - t < I_{p \rightarrow x} < I_p + t & (\text{Normal}) \\ b, I_p + t \leq I_{p \rightarrow x} & (\text{Cerah}) \end{cases}$$

Keterangan;

$S_{p \rightarrow x}$: Intensitas poin p

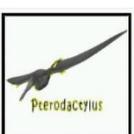
$I_{p \rightarrow x}$: Intensitas pixel p

t : Threshold

b. Implementasi Metode Natural Feature Tracking

Hasil dari Algoritma *FAST Corner Detection* akan diproses secara real-time oleh Metode NFT dengan tingkat akurasi gambar menggunakan rate 1 sampai 5. Tabel IV menampilkan rating bintang yang dapat dilihat pada *library vuforia*.

TABEL IV
 MARKER RATE DI VUFORIA

Marker	Rating Bintang
	
	
	
	



Tabel 4 menunjukkan bahwa apabila hasil rating tinggi maka tingkat keakuratan dalam mendeteksi objek juga tinggi. Hasil ini dibuktikan melalui jumlah bintang yang tertera pada tabel.

5) Evaluasi

Tahap evaluasi pada penelitian ini ditunjukkan melalui hasil respon pengujian di beberapa tipe android yang ditampilkan Tabel V.

TABEL V
VERSI PERANGKAT

Versi Android	Perangkat
v.10.0 (Q)	Redmi 9C
v.9 (Pie)	Asus Zenfone Max
v.8 (Oreo)	Vivo Y95

Pengujian dilakukan menggunakan 3 versi android untuk selanjutnya mendapatkan hasil pengujian jarak, kemiringan, dan waktu respon.

a. Pengujian Jarak

TABEL VI
PENGUJIAN JARAK

Perangkat	Jarak (cm)	
	Minimal	Maksimal
Redmi 9C	± 10	± 140
Asus Zenfone Max	± 10	± 120
Vivo Y95	± 10	± 110

Pengujian jarak dilakukan untuk mengevaluasi seberapa jauh *marker* terdeteksi pada beberapa versi android yang digunakan pada penelitian ini. Hasilnya yaitu jarak minimal dan maksimal saat melakukan *scanning* pada *marker* sangat berpengaruh pada tipe android masing-masing yang dibuktikan pada Tabel VI.

b. Pengujian Kemiringan Sudut

Pengujian sudut kemiringan yaitu untuk membuktikan *marker* terdeteksi pada nilai p sudut. Nilai p sudut ini dibaca oleh metode NFT untuk memiliki tingkat akurasi keberhasilan *marker*. Hasilnya dibuktikan pada Tabel VII dengan pengujian 3 android.

TABEL VII
PENGUJIAN KEMIRINGAN SUDUT

Perangkat	Keterangan Sudut ($^{\circ}$)		
	<19 $^{\circ}$	20 $^{\circ}$ - 60 $^{\circ}$	61 $^{\circ}$ - 90 $^{\circ}$
Redmi 9C	Gagal	Terbaca	Terbaca
Asus Zenfone Max	Gagal	Terbaca	Terbaca
Vivo Y95	Gagal	Terbaca	Terbaca

Berdasarkan hasil uji kemiringan sudut pada Tabel VII yaitu rata-rata untuk setiap android saat berada di kemiringan <19 $^{\circ}$ maka *marker* tidak terdeteksi. Lain halnya saat kemiringan sudut di nilai 20 $^{\circ}$ - 90 $^{\circ}$ yaitu *marker* dapat terdeteksi dan melakukan *scanning* objek untuk menghasilkan gambar *real-time*.

c. Pengujian Waktu

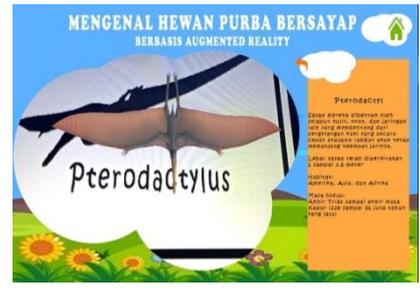
TABEL VIII
PENGUJIAN WAKTU

Perangkat	Waktu Respon (s)
Redmi 9C	1,7
Asus Zenfone Max	1,5
Vivo Y95	1,3

Tabel VIII menunjukkan bahwa respon antar *device* berbeda karena pengaruh versi android yang digunakan.

Semakin terbaru versi android, maka akan semakin cepat respon ketika menggunakan aplikasi. *Storyboard* dari implementasi hasil pengujian tersebut ada pada Tabel IX. Aplikasi ini telah berjalan dengan baik karena dibuktikan hingga tahap evaluasi.

TABEL XI
 STORYBOARD

Percobaan Marker	Status
 <p>MENGENAL HEWAN PURBA BERSATAP BERBASIS AUGMENTED REALITY</p> <p>Batrachogastor</p> <p>Batrachogastor memiliki tengkorak yang sangat panjang yang bisa melampaui kepala dan leher. Tulang dan ototnya sangat kuat dan mampu menahan beban yang sangat berat. Batrachogastor adalah hewan darat yang hidup di masa Mesozoikum.</p> <p>Tempat tinggal: Amerika Utara pada tahun 120 juta tahun yang lalu.</p>	Berhasil
 <p>MENGENAL HEWAN PURBA BERSATAP BERBASIS AUGMENTED REALITY</p> <p>Ceradactylus</p> <p>Mamalia memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berbeda-beda. Mereka memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berbeda-beda. Mereka memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berbeda-beda.</p> <p>Tempat tinggal: Amerika Utara dan Afrika pada tahun 120 juta tahun yang lalu.</p>	Berhasil
 <p>MENGENAL HEWAN PURBA BERSATAP BERBASIS AUGMENTED REALITY</p> <p>Pteraid</p> <p>Pteraid adalah hewan yang memiliki kemampuan untuk terbang. Mereka memiliki kemampuan untuk terbang dengan menggunakan sayap yang terbuat dari kulit. Mereka memiliki kemampuan untuk terbang dengan menggunakan sayap yang terbuat dari kulit.</p> <p>Tempat tinggal: Amerika Utara, Afrika, dan Asia pada tahun 120 juta tahun yang lalu.</p>	Berhasil
 <p>MENGENAL HEWAN PURBA BERSATAP BERBASIS AUGMENTED REALITY</p> <p>Pterodactylus</p> <p>Pterodactylus adalah hewan yang memiliki kemampuan untuk terbang. Mereka memiliki kemampuan untuk terbang dengan menggunakan sayap yang terbuat dari kulit. Mereka memiliki kemampuan untuk terbang dengan menggunakan sayap yang terbuat dari kulit.</p> <p>Tempat tinggal: Amerika Utara dan Afrika pada tahun 120 juta tahun yang lalu.</p>	Berhasil
 <p>MENGENAL HEWAN PURBA BERSATAP BERBASIS AUGMENTED REALITY</p> <p>Quetzalcoatlus</p> <p>Quetzalcoatlus adalah hewan yang memiliki kemampuan untuk terbang. Mereka memiliki kemampuan untuk terbang dengan menggunakan sayap yang terbuat dari kulit. Mereka memiliki kemampuan untuk terbang dengan menggunakan sayap yang terbuat dari kulit.</p> <p>Tempat tinggal: Amerika Utara pada tahun 65-50 juta tahun yang lalu.</p>	Berhasil

Percobaan marker pada *Storyboard* memiliki status berhasil, artinya AR Hewan Purba Bersatap sudah menyelesaikan semua tahapan yang dimiliki model ADDIE yang terintegrasi dengan algoritma FCD dan Metode

NFT untuk menghasilkan tingkat keakuratan gambar yang dirancang.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa aplikasi Augmented Reality yang mengusung tema Hewan Purba Bersayap sebagai pengenalan hewan-hewan reptil di zaman purba terhadap anak-anak. Menghasilkan kelaborasi Model ADDIE dengan algoritma *FAST Corner Detection* dan Metode NFT berupa tingkat keakuratan objek memiliki rating tinggi. Evaluasi untuk pengujian dilakukan menggunakan 3 android dengan tingkat keberhasilan yang dibuktikan dengan waktu respon <2 detik, jarak rata-rata keberhasilan di 3 android yaitu >100cm dan sudut yang dapat terdeteksi antara 20° - 90°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. Restika, M. Naufal, and M. Firdaus, "Penerapan Animasi 3 Dimensi Untuk Wisata Edukasi Anak Berbasis Virtual Reality," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 16, no. 1, p. 33, 2019.
- [2] A. Apriansyah, D. M. Anugraha, G. Prakoso, and K. N. Erdiham, "Aplikasi Pengenalan Hewan dengan Teknologi Marker Less Augmented Reality Berbasis Android," *DoubleClick J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2017.
- [3] S. S. I. Oktaviani, Tursina, "Penerapan Augmented Reality pada Sistem Operasi Android untuk Pengenalan Hewan Mamalia," *JUSTIN (Jurnal Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 7, no. 2, p. 6, 2019.
- [4] I. G. A. Sudarmayana, M. W. A. Kesiman, and N. Sugihartini, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Book Simulasi Perkembangbiakan Hewan Pada Mata Pelajaran IPA Studi Kasus Kelas VI- SD Negeri 4 Suwug," *Kumpul. Artik. Mhs. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 1, p. 38, 2021.
- [5] S. D. Riskiono and T. Susanto, "Augmented reality sebagai Media Pembelajaran Hewan Purbakala," *Krea-Tif J. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 8–18, 2020.
- [6] I. M. A. Pradnyana, I. K. R. Arthana, and I. G. B. H. Sastrawan, "Pengembangan Virtual Reality Pengenalan Binatang Buas Untuk Anak Usia Dini (Studi Kasus : TK Negeri Pembina Singaraja)," *Lontar Komput.*, vol. 8, no. 3, pp. 188–199, 2017.
- [7] D. A. Pangestu, F. Fauziah, and N. Hayati, "Augmented Reality Sebagai Media Edukasi Mengenai Lapisan Atmosfer Menggunakan Algoritma Fast Corner," *JIPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2020.
- [8] G. Y. Abdillah, S. Andryana, and A. Iskandar, "Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Perangkat Keras Komputer Dengan Fast Corner Dan Natural Feature Tracking," *JIPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 5, no. 2, p. 79, 2020.
- [9] Z. R. Mucharamah, "Pengembangan Mobile Media Menggunakan Teknologi Augmented Reality Pada Mata Pelajaran Bimbingan Tik Materi Perangkat Keras Komputer Kelas Vii Smp Sederajat," *Inovtech*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [10] W. Xiong, W. Tian, Z. Yang, X. Niu, and X. Nie, "Improved FAST corner-detection method," *J. Eng.*, vol. 2019, no. 19, pp. 5493–5497, 2019.
- [11] Nurhadi, Saparudin, N. Adam, D. Purnamasari, Fachruddin, and A. Ibrahim, "Implementation of Object Tracking Augmented Reality Markerless using FAST Corner Detection on User Defined-Extended Target Tracking in Multivarious Intensities," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1201, no. 1, 2019.
- [12] A. A. Karim and E. F. Nasser, "Improvement of Corner Detection Algorithms (Harris , FAST and SUSAN) Based on Reduction of Features Space and Complexity Time," *Eng. Technol. J.*, vol. 35, no. 2, pp. 112–118, 2017.
- [13] S. Ulfah, D. R. Ramdania, U. Fatoni, K. Mukhtar, H. Tajiri, and A. Sarbini, "Augmented reality using Natural Feature Tracking (NFT) method for learning media of makharijul huruf," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 874, no. 1, pp. 0–6, 2020.
- [14] A. Buchori and R. Istiyansih, "Design of Augmented Reality Book for Economic Mathematics Course," *Din. Pendidik.*, vol. 13, no. 2, pp. 130–142, 2018.
- [15] H. Nuvus, "Augmented Reality Sebagai Alat Pengenalan Hewan Untuk Anak Usia Dini Menggunakan Metode Markerless," *J. Teknol. Rekayasa Inf. dan Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 37–42, 2019.