

KLASTERISASI PIXEL CITRA KOLEKSI FOTO MUSEUM MONPERA DENGAN METODE K-MEANS PADA APLIKASI *AUGMENTED REALITY*

Ditho Haversyalapa^{1*}, Shinta Puspasari², Rendra Gustriansyah³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer & Sains, Universitas Indo Global Mandiri, Palembang, Indonesia
Email: ¹*2020110024@students.uigm.ac.id, ²shinta@uigm.ac.id, ³rendra@uigm.ac.id

(* : corresponding author)

Abstrak-Museum Monpera Palembang adalah sebuah museum yang memiliki koleksi foto-foto pahlawan nasional Indonesia. Koleksi foto tersebut memiliki nilai historis dan makna yang mendalam bagi masyarakat Indonesia, tetapi beberapa di antaranya sudah terlihat samar dan kabur sehingga informasi yang tergambar menjadi tidak jelas. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode klasterisasi pixel yang digabungkan dengan metode *K-Means* pada aplikasi *Augmented Reality* untuk melakukan pengujian kualitas citra pada koleksi foto pahlawan museum Monpera. Studi ini memanfaatkan algoritma *K-Means*, sebuah algoritma partisi yang menentukan jumlah kelompok awal dengan menetapkan nilai centroid awalnya. Selain itu, penelitian ini menerapkan teknologi *Augmented Reality* berbasis Android untuk menghadirkan pengalaman interaktif bagi para pengunjung museum. Hasil pengujian citra menggunakan metode *K-Means* menunjukkan data evaluasi yang melibatkan *Silhouette Score*, *Calinski-Harabasz*, dan *Dunn Index*. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa metode *K-Means* belum mampu meningkatkan kualitas citra hasil klasterisasi pixel, seperti yang ditunjukkan pada hasil pengujian *Silhouette Score* didapatkan hasil -0.428484, *Calinski-Harabasz* didapatkan hasil 10143.0, dan *Dunn Index* didapatkan hasil 0.758773. Tetapi penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi AR dan memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengatasi tantangan dalam mempertahankan integritas visual dari koleksi foto pahlawan nasional Indonesia melalui pengembangan teknik pengolahan citra yang lebih efektif dan inovatif menggunakan metode *Clustering pixel* dan *K-Means* dalam konteks *Augmented Reality*.

Kata Kunci: *Augmented Reality*, *Clustering*, Koleksi Foto, *K-Means*, Museum

Abstract-Museum Monpera Palembang is a museum that houses a collection of photographs of Indonesian national heroes. These photographs hold historical significance and profound meaning for the Indonesian people; however, some of them have become faded and blurry, making the depicted information unclear. This study aims to apply a pixel clustering method combined with the *K-Means* method in an *Augmented Reality* application to test the image quality of the hero photo collection at Monpera Museum. This study utilizes the *K-Means* algorithm, a partitioning algorithm that determines the initial number of clusters by setting the initial centroid values. Additionally, this research implements Android-based *Augmented Reality* technology to provide an interactive experience for museum visitors. The image testing results using the *K-Means* method involve evaluation data including the *Silhouette Score*, *Calinski-Harabasz*, and *Dunn Index*. The testing results indicate that the *K-Means* method has not yet improved the image quality of the pixel clustering, as shown by the evaluation results: *Silhouette Score* of -0.428484, *Calinski-Harabasz* score of 10143.0, and *Dunn Index* of 0.758773. However, this study successfully developed the AR application and made a significant contribution to understanding and addressing the challenges in maintaining the visual integrity of the national hero photo collection through the development of more effective and innovative image processing techniques using pixel clustering and *K-Means* in the context of *Augmented Reality*.

Keywords: *Augmented Reality*, *Clustering*, *K-Means*, Museum, Photographs Collection

1. PENDAHULUAN

Museum Monpera (Monumen Perjuangan Rakyat) Palembang merupakan sebuah instansi budaya yang kaya akan sejarah perjuangan bangsa Indonesia. Sebagai salah satu museum yang penting di wilayah Sumatera Selatan, museum ini memiliki koleksi foto-foto pahlawan nasional Indonesia yang berperan krusial dalam perjuangan kemerdekaan bangsa Indonesia. Pahlawan mengacu pada individu yang ditandai oleh keberanian, kekuatan, pengorbanan, dan kemampuan untuk mengatasi tantangan [1][2][3][4]. Koleksi ini meliputi potret-potret pahlawan, foto-foto dokumentasi saat peristiwa bersejarah. Foto biasa dapat disebut juga dengan fotografi [5], serta artefak-artefak berharga lainnya.

Meskipun terdapat sangat banyak sekali koleksi foto-foto pahlawan yang ada pada Museum Monpera, beberapa diantaranya sudah terlihat samar dan tampak kabur, sehingga menyebabkan pengunjung susah mengetahui bagaimana sosok pahlawan yang sudah berkontribusi dan berjuang dalam menjaga kedaulatan negara. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Clustering pixel* yang digabungkan

dengan metode *K-Means* pada aplikasi *Augmented Reality* untuk melakukan pengujian kualitas citra pada koleksi foto pahlawan sehingga koleksi foto bisa dikatakan baik ataupun buruk.

K-Means Clustering adalah salah satu algoritma partisional yang bergantung pada penentuan jumlah awal kelompok dengan menetapkan nilai centroid awal. Algoritma *K-Means* memanfaatkan proses iteratif untuk menghasilkan kluster data, dan telah diterapkan pada citra [6]. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi informasi, terutama dalam bidang *Augmented Reality (AR)*, telah membuka peluang baru dalam upaya pelestarian dan penyampaian sejarah kepada masyarakat. Aplikasi *Augmented Reality* penting sebagai media pembelajaran interaktif untuk kebermanfaatannya bagi masyarakat/pelajar. Aplikasi *Augmented Reality* telah menjadi salah satu solusi inovatif untuk memberikan pengalaman interaktif kepada pengunjung museum. Maka dari itu, diperlukan sebuah perangkat lunak bantu yang menggunakan teknologi *Augmented Reality* berbasis Android. [7][8][9][10]. Penelitian ini mencoba menerapkan metode *K-Means* untuk klasterisasi pixel citra dengan tujuan perbaikan kualitas citra koleksi foto museum Monpera.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metodologi RUP untuk pengembangan aplikasi *Augmented Reality* pengenalan pahlawan nasional lewat citra koleksi foto museum Monpera Palembang. Metode *K-Means* digunakan untuk klasterisasi pixel citra dan diimplementasikan dalam aplikasi AR yang dikembangkan dengan metodologi RUP, karena RUP bisa menjadi pilihan yang tepat dalam pengembangan perangkat lunak.

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah cara mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk landasan dari penelitian yang sedang berlangsung dan untuk menjawab rumusan masalah dari penelitian. Peneliti mengumpulkan data yang dibutuhkan di dalam klasterisasi piksel untuk pengujian kualitas citra koleksi foto pahlawan meliputi wawancara, observasi, dan studi literatur.

2.1.1. Studi Literatur

Proses pengumpulan data berdasarkan berbagai sumber literatur berupa buku, e-book, jurnal, artikel, makalah, paper, maupun situs web yang ada di internet yang masih mencakup dengan *augmented reality* koleksi foto pahlawan.

2.1.2. Observasi

Tahap pengumpulan data melalui pengamatan dan pendataan terhadap objek penelitian secara langsung di Museum Monpera Palembang dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai *augmented reality* koleksi foto pahlawan.

2.1.3. Wawancara

Proses wawancara bertujuan untuk mengumpulkan data yang dengan dilakukan tanya jawab secara langsung dengan yang bertugas di Museum Monpera, dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai *augmented reality* koleksi foto pahlawan.

2.2. Rational Unified Process (RUP)

Metode RUP adalah pendekatan pembangunan perangkat lunak yang bersifat iteratif dan inkremental, dengan fokus pada perencanaan arsitektur. Pendekatan ini mampu mengatasi risiko yang terkait dengan perubahan kebutuhan sistem yang diajukan oleh klien dengan mengadopsi siklus iterasi. Pengujian dilakukan secara berulang pada setiap akhir tahap RUP untuk memitigasi risiko dan memungkinkan perubahan sebelum mencapai tahap akhir. Kepuasan pengguna menjadi prioritas dalam Metode RUP, sehingga interaksi dengan pengguna sering dilakukan untuk memastikan hasil yang memuaskan [11].

Rational Unified Process (RUP) terdiri dari empat tahap yang dapat dilakukan secara berulang. Fase RUP bisa dilihat pada Gambar 1. Fase-fase RUP dijelaskan sebagai berikut:

a. *Inception* (Permulaan)

Fase ini adalah awal dari proyek, di mana tujuan dan cakupan proyek ditetapkan. Identifikasi stakeholder, analisis awal risiko, serta penentuan kebutuhan dasar dilakukan dalam fase ini.

b. *Elaboration* (Perluasan dan Perencanaan)

Fase ini memperinci dan mengembangkan konsep yang telah ditetapkan dalam fase Pembentukan. Arsitektur sistem didefinisikan secara lebih rinci, dan risiko proyek dipelajari lebih dalam. Rencana proyek diperbarui dan perancangan yang lebih rinci dilakukan.

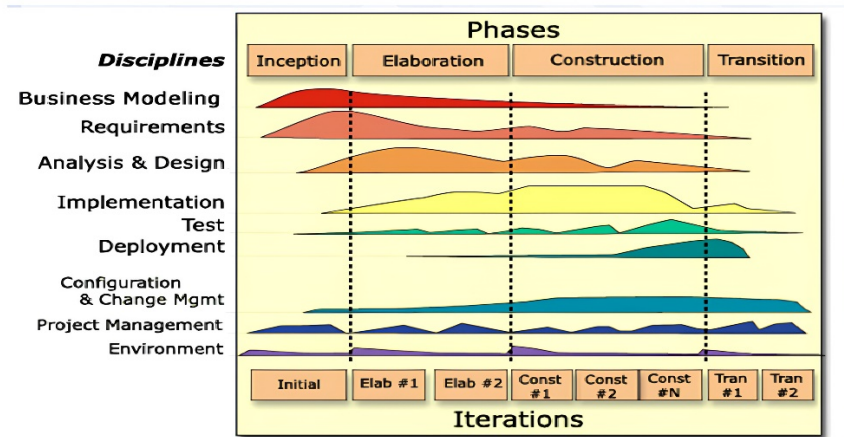
c. *Construction* (Konstruksi)

Fase ini adalah tahap pengerjaan sebenarnya, di mana komponen-komponen sistem dibangun dan diintegrasikan. Pengujian unit dan integrasi dilakukan secara berkelanjutan, dan fungsionalitas sistem mulai terwujud.

d. *Transition* (Transisi)

Fase ini melibatkan persiapan untuk pengiriman produk kepada pengguna akhir. Proses ini mencakup pengujian akhir, pelatihan pengguna, migrasi data, dan peralihan dari sistem lama ke sistem baru.

Setiap fase RUP dapat berulang, dan setiap iterasi melalui fase-fase ini membawa proyek lebih dekat ke produk akhir yang memenuhi kebutuhan pengguna.



Gambar 1. Fase RUP

2.2.1. *Inception*

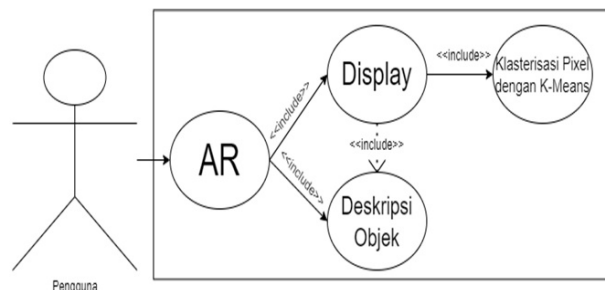
Tahap ini akan di lakukan studi literatur dengan membaca buku tentang *Augmented Reality*. Mendefinisikan batasan kegiatan yang berkaitan dengan klasterisasi piksel untuk perbaikan kualitas citra menggunakan *Augmented Reality* yang ada pada penelitian ini. Proses *Inception* mencakup pemodelan bisnis serta analisis keperluan perangkat lunak.

2.2.2. *Elaboration*

Pada titik ini, desain komprehensif akan dilakukan dan pembuatan model berdasarkan hasil tahap *inception* akan dibahas. Pada tahap ini, tugas yang dilakukan termasuk pembuatan diagram, termasuk diagram *usecase*, diagram aktivitas, diagram kelas, dan desain antarmuka aplikasi.

a. *Use Case Diagram*

Bagian sistem fungsional yang disebut "*use case*" menjelaskan interaksi antara satu aktor dan sistem yang dibangun, seperti yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Use Case Diagram*

b. *Activity Diagram*

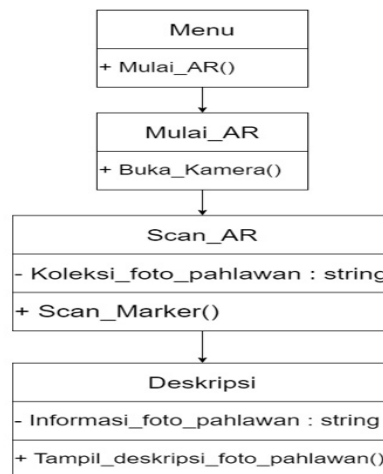
Gambar 3. ini merupakan diagram aktivitas, atau yang dikenal sebagai activity diagram, menggambarkan alur kerja sistem yang sedang dirancang, dari awal proses hingga proses akhir.



Gambar 3. Activity Diagram Mulai AR

c. *Class Diagram*

Kelas diagram menunjukkan definisi kelas yang akan dibuat untuk membangun sistem dan merupakan representasi grafis dari struktur sistem yang bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Class Diagram

2.2.3. Construction

Fase ini membahas pengembangan komponen sistem dan fiturnya dengan penjelasan tambahan yang mendalam tentang aplikasi dalam kode program perangkat lunak yang ada. Proses pengembangan aplikasi dibagi menjadi dua kategori: perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

1. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan pada saat implementasi aplikasi yaitu:
 - a. Processor Intel Core i5-5200U, 2,4GHz
 - b. 12 GB DDR4 RAM
 - c. SSD 256 GB
2. Perangkat lunak yang dibutuhkan dalam implementasi sistem yaitu:
 - a. Windows 10 Home (64-bit).
 - b. Unity 2017.4.37f1
 - c. Vuforia Engine

2.2.4. Transition

Pada titik ini, pengujian aplikasi pada sistem dan berbagai fitur akan dibahas. Efektivitas metode *K-Means* diuji untuk klusterisasi pixel citra koleksi foto pahlawan pada museum Monpera dan kinerja aplikasi AR untuk visualisasi dan pembelajaran sejarah pahlawan nasional dalam foto koleksi Monpera.

2.3. K-Means

Stuart Lloyd membuat *K-Means* pertama kali pada tahun 1984 dan telah menjadi salah satu algoritma *clustering* yang paling disukai. Dengan membagi objek ke dalam kelompok atau segmen, algoritma ini membuat objek lebih mirip satu sama lain daripada dalam kelompok lain. *K-Means* menetapkan setiap catatan ke cluster awal secara berulang kali menggunakan metrik jarak *geometris*. Proses dimulai dengan jumlah *K*, catatan awal sebagai pusat *cluster* dan setiap catatan ditempatkan ke *cluster* yang paling dekat. Kemudian, catatan baru ditambahkan ke dalam *cluster* dan pusat *cluster* dihitung ulang untuk menunjukkan anggota baru. Proses iteratif ini diulangi hingga konvergensi dicapai dan migrasi catatan antar cluster tidak lagi terjadi. Prinsip utama algoritma *K-Means* adalah mengatur *K* partisi atau pusat massa (*centroid*) dari sekumpulan data. Algoritma ini membagi kumpulan data menjadi *K* klaster dengan cara yang meminimalkan jarak kuadrat antara masing-masing klaster. Kemudian, algoritma ini memperbaiki partisi klaster ini secara bertahap hingga tidak ada perubahan yang signifikan dalam partisi klaster.

Untuk memulai, nilai *K* adalah jumlah *cluster* yang akan dibuat. Selanjutnya, nilai *centroid*, atau pusat *cluster* awal, diambil dari dataset sebanyak nilai *K* yang telah ditetapkan. Selanjutnya, jarak *euclidean* antara setiap data dengan setiap *centroid* dihitung. Ini dilakukan untuk mengetahui *centroid* terdekat dari setiap data.

Selanjutnya, data dibagi ke dalam kelompok berdasarkan jarak *Euclidean* terkecil ke *centroid*. Nilai *centroid* yang baru ditemukan kemudian diambil dari rata-rata nilai dari setiap kelompok, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (1):

$$C_k = \frac{1}{n_k} \sum d \tag{1}$$

C_k : nilai *centroid* baru pada *cluster K*

n_k : jumlah data pada cluster *K*

d : dataset

Euclidean distance dari setiap titik data ke nilai *centroid* akan terus dihitung hingga nilai *centroid* tidak berubah lagi. Ini berarti keanggotaan data dalam suatu kluster juga tidak akan berubah [12].

2.3.1. Euclidean Distance

Euclidean distance adalah metode yang digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik yang berbeda dalam ruang *Euclidean*. Adapun rumus yang digunakan seperti pada persamaan (2), yaitu:

$$d(x_i, \mu_i) = \sqrt{(x_i - \mu_i)^2} \tag{2}$$

x_i : nilai dataset

μ_i : nilai *centroid*

2.3.2. Elbow Method

Metode *Elbow* digunakan untuk mengevaluasi dan menentukan jumlah *cluster* yang optimal dengan melihat nilai *Sum of Squared Errors* (SSE). Pada suatu titik dalam grafik, akan terjadi penurunan SSE yang signifikan, ditandai dengan pembentukan sudut tajam yang disebut sebagai "*elbow point*". Nilai pada titik tersebut kemudian menjadi jumlah *cluster optimal*. Untuk membandingkan, SSE dihitung untuk setiap nilai cluster yang berbeda. Semakin besar jumlah cluster *K*, maka nilai SSE akan semakin kecil [13].

Rumus SSE pada *K-Means*, persamaan (3):

$$SSE = \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2 \tag{3}$$

n : jumlah titik data

i : iterasi

X_i : Nilai dari titik data ke- i

X : Rata – rata atau nilai *centroid*

2.3.3. Silhouette Score

Silhouette Score adalah metrik yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu kluster dalam proses *clustering*. *Silhouette Score* menghitung rata-rata dari semua data dalam setiap kluster, di mana nilai yang dihasilkan merupakan selisih antara nilai separasi dan kompak, yang kemudian dibagi dengan nilai maksimum antara kedua nilai tersebut. Rumus untuk mencari *Silhouette Score* dapat dilihat pada persamaan (4):

$$s(j) = \frac{b(j) + a(j)}{\max\{a(j), b(j)\}} \quad (4)$$

Keterangan:

s : nilai *silhouette*

$a(j)$: rata-rata jarak dari objek j dengan objek yang berada di cluster berbeda

$b(j)$: rata-rata jarak dari objek j dengan seluruh objek yang berada di cluster yang sama

Silhouette Score memiliki rentang nilai antara 0 sampai 1 dimana performa *clustering* dihitung dari nilai yang semakin mendekati 1 menjadi *cluster* yang paling baik [14].

2.3.4. Calinski-Harabasz

Indeks Calinski-Harabasz (CHI) digunakan untuk mengevaluasi validitas kluster dengan mempertimbangkan perhitungan Antara-Cluster *Sum of Squares* (BSS) dan *Within-Cluster Sum of Squares* (WSS). CHI mengukur rasio pemisahan berdasarkan jarak maksimum antara *centroid*, dan mengukur kekompakan berdasarkan jumlah jarak antara setiap data dengan *centroid*. Konfigurasi kluster yang diinginkan adalah yang memiliki varians antar-kluster yang tinggi dan varians intra-kluster yang relatif rendah, menunjukkan bahwa kluster terpisah dengan baik dan kompak secara internal [15]. Rumus untuk mencari *Calinski-Harabasz Index*, seperti persamaan (5):

$$CH(k) = \frac{BSS/(k-1)}{WSS/(n-k)} \quad (5)$$

2.3.5. Dunn Index

Ini mengukur seberapa kompaknya kluster terbentuk dengan memperhitungkan rasio jarak minimum antara objek yang bukan bagian dari kluster yang sama, dibandingkan dengan jarak intra-kluster maksimum. Kluster yang kompak akan memiliki nilai mendekati satu, sedangkan yang kurang kompak akan mendekati nol [16].

Dunn Index adalah salah satu metode validasi kluster yang memberikan skor terbaik untuk *algoritma clustering* yang menghasilkan kluster dengan tingkat kesamaan tinggi di dalam kluster namun kesamaan yang rendah antara kluster. Metode ini menghitung rasio jarak minimum antara kluster dengan jarak maksimum dalam kluster. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai *Dunn Index*, semakin optimal jumlah kluster yang dihasilkan [17].

Dunn Index dirumuskan pada persamaan (6), yaitu:

$$D = \left(\frac{\min_{1 \leq i \leq k} \left(\min_{i+1 \leq j \leq k} d(C_i, C_j) \right)}{\max_{1 \leq l \leq q} d(C_l)} \right) \quad (6)$$

dengan

$d(C_i, C_j)$: ukuran kedekatan antara *cluster* i dan *cluster* j .

$d(C_l)$: ukuran kedekatan antar anggota dalam *cluster* l .

2.4. Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR) telah meluas penggunaannya dalam dunia pendidikan sebagai komponen integral dari pembelajaran yang ditingkatkan secara teknologi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan pemahaman akademis siswa dengan menyediakan visualisasi kontekstual dari informasi virtual dalam lingkungan nyata yang diperluas. AR memperkaya informasi yang diberikan oleh lingkungan sekitar dengan menggabungkan objek virtual dengan realitas fisik. Oleh karena itu, aplikasi berbasis AR dibangun dengan tujuan untuk lebih efektif dalam memperkenalkan dan mempelajari budaya Palembang melalui koleksi museum [18]. AR dapat memberikan kontekstual, menarik, Pengalaman imersif. AR memadukan yang nyata dan virtual dunia. Ini menjadi alternatif teknologi baru di Proses pendidikan memberikan pengayaan konseptual nyata pendidikan berkontribusi pada peningkatan motivasi siswa[19].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

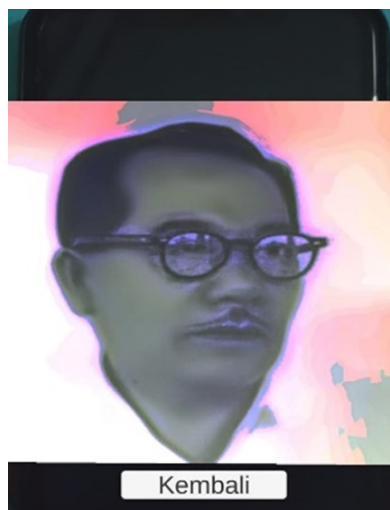
3.1. Implementasi Antarmuka

Menu utama aplikasi ini terdiri dari menu Mulai AR, List Pahlawan, Info, dan Keluar. Menu Mulai AR untuk memulai menampilkan objek AR. Menu List Pahlawan untuk menampilkan semua pahlawan tanpa harus melakukan scan. Menu info untuk menampilkan info cara menggunakan aplikasi yang sudah di buat. Menu About isinya berupa nama dari pembuat aplikasi.



Gambar 5. Antarmuka Menu Utama

Gambar 5. merupakan gambar yang akan tampil ketika pertama kali membuka aplikasi yang sudah diinstal pada smartphone. Selanjutnya, antarmuka menu Mulai AR merupakan antar muka yang akan menampilkan objek dari Pahlawan Museum Monpera yang sudah di scan setelah menekan button Mulai AR dan menghasilkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Antarmuka Menu Mulai AR

Menu List Pahlawan digunakan untuk menampilkan semua pahlawan tanpa harus melakukan scan. Seperti yang terlampir pada Gambar 7.







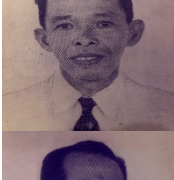



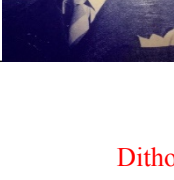









Gambar 7. Antarmuka Menu List Pahlawan

3.2. Pengujian Klasterisasi *K-Means*

Tabel 1. berikut mendeskripsikan hasil pengujian efektifitas metode *K-Means* untuk klasterisasi pixel citra koleksi foto museum Monpera. Hasil terbaik diperoleh untuk nilai $K=5$.

Tabel 1. Hasil Pengujian Klasterisasi *K-Means* untuk $K=5$

No	Foto Sebelum	Foto Sesudah	Silhouette Score	Calinski-Harabasz	Dunn-Index
1.			-0.428484	10143.0	0.758773
2.			-0.385358	11384.8	0.602657
3.			-0.434796	9081.1	0.976882
4.			-0.464814	8842.5	0.656032
5.			-0.483685	17148.1	0.503409
6.			0.377787	12374.8	0.666718

No	Foto Sebelum	Foto Sesudah	Silhouette Score	Calinski-Harabasz	Dunn-Index
7.			-0.421839	12279.4	0.996521
8.			-0.483243	11419.9	0.988806
9.			-0.388593	17893.7	0.860446

3.3. Pengujian Unit Aplikasi AR

Analisis hasil uji coba aplikasi AR pengenalan pahlawan Museum Monpera ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif dan efisien aplikasi tersebut. Pengujian *black-box* akan digunakan (Tabel 2 s.d. Tabel 7). Pengujian *black-box* berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak..

a. Uji Antarmuka Menu Utama

Tabel 2. Hasil Tes Menu Utama

No	Test	Hasil yang diharapkan	Output	Validasi
1	Klik <i>icon</i> pahlawan AR	Menampilkan halaman pada menu utama	Tampil halaman menu utama	Berhasil

b. Uji Antarmuka Menu Mulai AR

Tabel 3. Hasil Tes Menu Mulai AR

No	Test	Hasil yang diharapkan	Output	Validasi
1	Klik <i>icon</i> pahlawan AR	Menampilkan halaman pada menu utama	Tampil halaman menu utama	Berhasil
2	Klik <i>button</i> Mulai AR	Menampilkan kamera yang telah terintegrasi dengan <i>Augmented Reality</i>	Tampil kamera	Berhasil
3	Melakukan <i>scan</i> pada yang sudah disediakan <i>Marker</i>	Menampilkan objek 2D dan suara	Tampil objek 2D dan suara	Berhasil

c. Uji Antarmuka Menu List Pahlawan

Tabel 4. Hasil Tes List Pahlawan

No	Test	Hasil yang diharapkan	Output	Validasi
1	Klik <i>icon</i> pahlawan AR	Menampilkan halaman pada menu utama	Tampil halaman menu utama	Berhasil
2	Klik <i>button</i> List Pahlawan	Menampilkan halaman list pahlawan	Tampil halaman list pahlawan	Berhasil
3	Klik <i>button next</i>	Menampilkan halaman list pahlawan selanjutnya	Tampil halaman list pahlawan selanjutnya	Berhasil
4	Klik <i>button back</i>	Menampilkan halaman list pahlawan sebelumnya	Tampil halaman list pahlawan sebelumnya	Berhasil

d. Uji Antarmuka Menu Info

Tabel 5. Hasil Tes Menu Info

No	Test	Hasil yang diharapkan	Output	Validasi
1	Klik <i>icon</i> pahlawan AR	Menampilkan halaman pada menu utama	Tampil halaman menu utama	Berhasil
2	Klik <i>button</i> info	Menampilkan halaman menu info petunjuk penggunaan aplikasi	Tampil halaman menu info petunjuk	Berhasil

e. Uji Antarmuka Menu About

Tabel 6. Hasil Tes Menu About

No	Test	Hasil yang diharapkan	Output	Validasi
1	Klik <i>icon</i> pahlawan AR	Menampilkan halaman pada menu utama	Tampil halaman menu utama	Berhasil
2	Klik <i>button</i> about	Menampilkan profil informasi pembuat aplikas	Tampil halaman menu <i>about</i>	Berhasil

f. Uji Terhadap Pencahayaan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan beberapa kondisi pencahayaan. Jarak yang digunakan adalah 30 cm dengan ukuran Marker 12 x 15 cm, dan setiap Marker diuji sebanyak 3 kali. Kondisi pencahayaan yang diuji sesuai dengan yang terlampir pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Terhadap Pencahayaan

No	Sumber Cahaya	Kondisi	Marker menampilkan objek 3D
			Berhasil / Gagal
1	Siang hari dengan cahaya matahari	Didalam ruangan	Berhasil
		Diluar ruangan	Berhasil
2	Malam hari dengan bantuan pencahayaan	Didalam ruangan	Berhasil
		Diluar ruangan	Berhasil
3	Malam hari tanpa bantuan pencahayaan	Didalam ruangan	Gagal
		Diluar ruangan	Gagal

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengimplementasikan klaterisasi pixel citra dengan metode *K-Means* pada aplikasi Augmented Reality untuk visualisasi dang pengenalan pahlawan nasional pada foto koleksi Monpera. Hasil pengujian menunjukkan performa yang belum optimal. Meski demikian, penelitian ini sukses dalam membuat aplikasi dengan teknologi *Augmented Reality* yang difokuskan pada pengujian Citra Pahlawan Museum Monpera, dengan tujuan utama menjadi media pembelajaran dan pengenalan sejarah pahlawan nasional untuk generasi muda. Aplikasi yang dikembangkan untuk pengujian Citra Pahlawan Museum Monpera menggunakan teknologi *Augmented Reality* telah melalui serangkaian uji coba dengan *black-box testing*. Hasil pengujian tersebut memberikan kesimpulan bahwa respon sistem telah sesuai dengan harapan yang diinginkan, menunjukkan kemampuan aplikasi dalam menjalankan fungsionalitasnya dengan baik. Pada penelitian selanjutnya, perlu peningkatan kualitas citra dengan metode selain *K-Means*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. Wibowo, F. Tiroy, S. Butar-Butar, and N. Ali, "Perancangan Aplikasi Pengenalan Pahlawan Indonesia Berbasis Android," *J. Ris. dan Apl. Mhs. Inform.*, vol. 02, 2021.
- [2] S. Puspasari, R. Gustriansyah, and A. Sanmorino, "Forecasting a museum visit post pandemic using exponential smoothing model," *J. Infotel*, vol. 15, no. 4, pp. 309–316, 2023, doi: 10.20895/infotel.v15i4.949.
- [3] S. Puspasari, Dhamayanti, R. Gustriansyah, D. Asa, Verano, and A. Sanmorino, "Pemanfaatan Aplikasi Virtual Tour 360 Museum SMBII Di Masa Pandemi," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 26, pp. 484–491, 2023.
- [4] S. Puspasari and D. Dhamayanti, "Sosialisasi Eksistensi Museum Dr. Ak.Gani Di Pameran Bersama Museum Se-Sumsel Untuk Peningkatan Kunjungan Eduwisata," *RESWARA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 745–750, 2022, doi: 10.46576/rjpkm.v3i2.1972.

- [5] Kurniawansyah, Hendrik. "Applied Food Photography for Goodfellas Resto with Still Life Approach." *Arty: Jurnal Seni Rupa*, vol. 9, no. 1, 2020, pp. 11-16.
- [6] R. Gustriansyah, J. Alie, A. Sanmorino, R. Heriansyah, and M. N. Megat Mohamed Noor, "Machine Learning for Clustering Regencies-Cities Based on Inflation and Poverty Rates in Indonesia," *Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 5, no. 1, pp. 64–73, 2022, doi: 10.24002/ijis.v5i1.5682.
- [7] E. Maiyana, "Pemanfaatan Android Dalam Perancangan Aplikasi Kumpulan Doa," *J. Sains dan Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 54–65, Apr. 2018, doi: 10.22216/jsi.v4i1.3409, 2018.
- [8] Susanto, Eri Sasmita, et al. "Pengembangan Aplikasi Smart-Book sebagai Media Pembelajaran Bahasa Inggris Anak Berbasis Augmented Reality." *Jurnal MNEMONIC*, vol. 5, no. 1, 2022, pp. 64-68.
- [9] N. Adha, O. Saputri, and A. Fitri, "Penerapan Metode Marker Based Tracking pada Aplikasi Pengenalan Objek Bersejarah Di Kota Palembang," *J. Informanika*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [10] J. Dwi Gotama, Y. Fernando, and D. Pasha, "Pengenalan Gedung Universitas Teknokrat Indonesia Berbasis Augmented Reality," *J. Inform. dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 2, no. 1, pp. 28–38, 2021, [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/informatika>
- [11] Perwitasari, Ririn, Royana Afwani, and Sri Endang Anjarwani. "Penerapan Metode Rational Unified Process (RUP) dalam Pengembangan Sistem Informasi Medical Check Up pada Citra Medical Centre." *JTIKA: Jurnal Teknik Informatika Universitas Mataram*, vol. 2, no. 1, Mar. 2020, pp. 76-79.
- [12] N. Kholila, M. Mujiono, and D. Wahyudi, "Pemetaan Kondisi Lingkungan Tanam menggunakan K-Means Clustering," *JSITIK J. Sist. Inf. dan Teknol. Inf. Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 137–147, 2023, doi: 10.53624/jsitik.v1i2.182.
- [13] A. Aditya, I. Jovian, and B. N. Sari, "Implementasi K-Means Clustering Ujian Nasional Sekolah Menengah Pertama di Indonesia Tahun 2018/2019," *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 4, no. 1, p. 51, Jan. 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1784.
- [14] R. Rahmatullah, Indwiarti, and A. R. Atiqi, "Clustering Harga Rumah: Perbandingan Model K-Means dan Gaussian Mixture Model," *e-Proceeding Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 3441–3449, 2023.
- [15] R. Gustriansyah, N. Suhandi, and F. Antony, "Clustering optimization in RFM analysis based on k-means," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 18, no. 1, pp. 470–477, 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v18.i1.pp470-477.
- [16] R. Gustriansyah, J. Alie, and N. Suhandi, "Hierarchical clustering for crime rate mapping in Indonesia," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 14, no. 3, pp. 275–283, 2022, doi: 10.33096/ilkom.v14i3.1135.275-283.
- [17] H. Malikhatin, A. Rusgiyono, and D. A. I. Maruddani, "Penerapan K-Modes Clustering Dengan Validasi Dunn Index Pada Pengelompokan Karakteristik Calon TKI Menggunakan R-GUI," *J. Gaussian*, vol. 10, no. 3, pp. 359–366, 2021, doi: 10.14710/j.gauss.v10i3.32790.
- [18] S. Puspasari and M. I. Herdiansyah, "Pengenalan Teknologi Augmented Reality untuk Media Edukasi Koleksi Museum SMB II di Masa Pandemi Covid-19," *Bakti Budaya*, vol. 4, no. 2, pp. 143–151, 2021, doi: 10.22146/bakti.1896.
- [19] S. Puspasari, N. Suhandi, and J. N. Iman, "Evaluation of Augmented Reality Application Development for Cultural Artefact Education," *Int. J. Comput.*, vol. 20, no. 2, pp. 237–245, 2021, doi: 10.47839/ijc.20.2.2171.