

IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY DAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR DALAM PEMBELAJARAN ADAPTIF UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR SISWA

IMPLEMENTATION OF AUGMENTED REALITY AND THE K-NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM IN ADAPTIVE LEARNING TO IMPROVE STUDENTS' ACADEMIC ACHIEVEMENT

Alfatar Brian Putra Prasetya¹, Magdalena A. Ineke Pakereng²

Teknologi dan Informasi, Teknik Informatika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia¹

Teknologi dan Informasi, Teknik Informatika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia²

672022158@student.uksw.edu²

ABSTRACT

This study aims to develop an Augmented Reality (AR)-based learning application integrated with the K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm to support adaptive learning for elementary school students. The research method used was Research and Development (R&D) with the ADDIE approach, consisting of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The application was developed using Unity 3D for three-dimensional object visualization and Python for implementing the KNN algorithm. The application features AR-based 3D visualization, audio narration, interactive quizzes, and a recommendation system based on students' learning outcomes. Testing was conducted on two groups of students, namely a class using AR-based learning media and a class using conventional learning methods. The results showed that the average score of students using AR-based learning media was 83.7, higher than the conventional class average score of 68.4. In addition, the KNN algorithm achieved an accuracy rate of 87% in classifying students' learning needs. The study concludes that the integration of AR technology and KNN can improve concept understanding, learning motivation, and students' learning outcomes through an interactive and adaptive learning system. This research is expected to contribute to the development of technology-based learning media for elementary education.

Keywords: *Augmented Reality, K-Nearest Neighbor, Adaptive Learning, Learning Media.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) yang terintegrasi dengan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mendukung pembelajaran adaptif pada siswa sekolah dasar. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity 3D untuk visualisasi objek tiga dimensi dan Python untuk implementasi algoritma KNN. Fitur utama aplikasi meliputi visualisasi objek 3D berbasis AR, narasi audio, kuis interaktif, serta sistem rekomendasi materi berdasarkan hasil belajar siswa. Pengujian dilakukan pada dua kelompok siswa, yaitu kelas yang menggunakan media pembelajaran berbasis AR dan kelas dengan metode konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai siswa pada kelas AR sebesar 83,7 lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional sebesar 68,4. Selain itu, algoritma KNN mampu mengklasifikasikan kebutuhan belajar siswa dengan tingkat akurasi sebesar 87%. Integrasi teknologi AR dan KNN terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, dan hasil belajar siswa melalui sistem pembelajaran yang interaktif dan adaptif. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu inovasi media pembelajaran berbasis teknologi yang mendukung proses belajar mengajar di sekolah dasar.

Kata kunci: Augmented Reality, K-Nearest Neighbor, Pembelajaran Adaptif, Media Pembelajaran.

PENDAHULUAN

Media pembelajaran memiliki peranan penting dalam menunjang efektivitas proses belajar-mengajar antara pendidik dan peserta didik. Penggunaan media yang tepat dapat membantu siswa memahami materi secara lebih mendalam, terutama pada konsep-konsep abstrak yang sulit dijelaskan melalui metode

konvensional. Namun, pada praktiknya, pembelajaran di sekolah dasar masih didominasi oleh pendekatan tradisional seperti ceramah dan penggunaan gambar dua dimensi. Pendekatan tersebut sering kali kurang mampu memfasilitasi pemahaman konseptual siswa secara optimal.

Perkembangan teknologi digital, khususnya perangkat berbasis Android, membuka peluang baru dalam inovasi media pembelajaran. Salah satu teknologi yang banyak diterapkan dalam pendidikan modern adalah Augmented Reality (AR). AR merupakan teknologi yang mengintegrasikan objek virtual tiga dimensi (3D) ke dalam lingkungan nyata secara real-time, sehingga mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa AR dapat meningkatkan motivasi, atensi, dan pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran [1][2][3][4], sekaligus mengurangi kejenuhan belajar yang kerap muncul dalam metode konvensional.

Meskipun teknologi AR memiliki potensi besar, pemanfaatannya di sekolah dasar masih belum optimal. Banyak guru masih mengandalkan media pembelajaran tradisional sehingga belum memanfaatkan teknologi interaktif secara maksimal untuk mendukung pemahaman siswa. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan media pembelajaran berbasis AR yang mampu menyajikan materi secara visual, intuitif, dan mudah dipahami oleh siswa sekolah dasar.

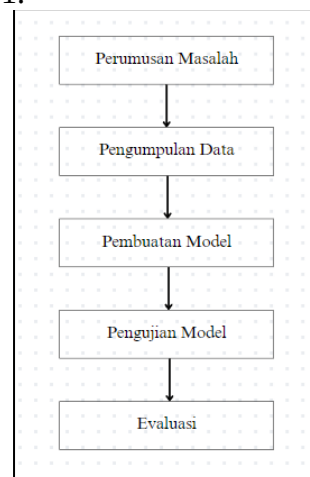
Selain inovasi media, penerapan algoritma kecerdasan buatan juga mulai dikembangkan untuk mendukung pembelajaran adaptif. Salah satu algoritma yang relevan adalah K-Nearest Neighbor (KNN), yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kedekatan karakteristik tertentu. Dalam konteks pembelajaran, KNN dapat dimanfaatkan untuk menganalisis hasil belajar siswa dan memberikan rekomendasi materi lanjutan secara lebih personal. Integrasi AR dan KNN berpotensi menghasilkan media pembelajaran interaktif yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga mampu menyesuaikan penyajian materi berdasarkan kebutuhan siswa.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk

mengembangkan aplikasi pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) yang terintegrasi dengan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) guna memberikan rekomendasi materi adaptif bagi siswa sekolah dasar. Aplikasi yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep abstrak, mengurangi kejenuhan belajar, serta memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih efektif, interaktif, dan menyenangkan.

METODE

Penelitian akan dilakukan melalui beberapa tahap yaitu perumusan masalah, pengumpulan data, pembuatan model, pengujian model, dan evaluasi hasil penelitian, yang diilustrasikan dalam Gambar 1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Tahap pertama dimulai dengan identifikasi permasalahan yang terjadi dalam proses pembelajaran di sekolah dasar. Berdasarkan observasi dan studi literatur dengan guru, ditemukan bahwa siswa sering mengalami kesulitan memahami konsep-konsep abstrak melalui metode konvensional seperti ceramah dan buku teks 2D. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan aplikasi pembelajaran berbasis AR yang mampu menghadirkan visualisasi 3D dan narasi audio secara real-time. Selain itu, untuk meningkatkan efektivitas dan personalisasi pembelajaran, algoritma KNN diintegrasikan guna menganalisis pola belajar siswa dari hasil kuis dan aktivitas

dalam aplikasi. Permasalahan penelitian ini adalah bagaimana teknologi AR dan KNN dapat diintegrasikan untuk menghasilkan media pembelajaran yang interaktif sekaligus adaptif terhadap kebutuhan belajar setiap siswa.

Tahap kedua adalah pengumpulan data, pada tahap ini bertujuan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam proses pengembangan aplikasi. Data dikumpulkan melalui dua sumber utama, yaitu:

1. **Data kebutuhan pengguna**, diperoleh melalui wawancara dengan guru sekolah dasar dan kuesioner kepada siswa untuk mengidentifikasi materi yang dianggap sulit dipahami.
2. **Data pembelajaran siswa**, dikumpulkan selama proses penggunaan aplikasi untuk keperluan analisis algoritma KNN, meliputi skor kuis, waktu belajar, dan tingkat pengulangan materi.

Sebagai contoh, data kuis siswa direpresentasikan dalam bentuk tabel yang menunjukkan hubungan antara hasil belajar dan waktu yang dihabiskan. Data tersebut digunakan untuk melatih model KNN dalam mengelompokkan siswa ke dalam kategori "*Perlu Pengulangan*" atau "*Tidak Perlu Pengulangan*", sehingga sistem dapat memberikan rekomendasi materi lanjutan yang sesuai.

Tahap ketiga adalah pembuatan model, pada tahap ini merupakan inti dari penelitian, yaitu proses pengembangan aplikasi pembelajaran berbasis AR yang dilengkapi dengan algoritma KNN. Proses pengembangan dilakukan menggunakan perangkat lunak pendukung Unity 3D untuk pemodelan objek dan integrasi AR, serta Python untuk implementasi algoritma KNN. Objek 3D yang dikembangkan mencakup representasi materi pelajaran sekolah dasar seperti proses fotosintesis, sistem tubuh manusia, dan konsep sains sederhana. Algoritma KNN digunakan untuk mengelompokkan siswa berdasarkan kesamaan pola belajar, dengan rumus jarak Euclidean sebagai berikut:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - y_j)^2}$$

Keterangan:

- $d(x, y)$: jarak antara data baru dan data lama,
- x_j, y_j : nilai atribut ke- j dari masing-masing data (misalnya skor kuis, waktu belajar),
- n : jumlah atribut yang dibandingkan.

Model KNN ini berfungsi menentukan kategori hasil belajar siswa dan memberikan rekomendasi materi selanjutnya berdasarkan mayoritas tetangga terdekat (nilai k).

Tahap keempat adalah pengujian model, setelah aplikasi dan model dikembangkan, dilakukan pengujian untuk memastikan fungsionalitas dan efektivitas sistem. Pengujian dilakukan pada kelompok kecil siswa sekolah dasar di lingkungan nyata. Tahap ini meliputi:

- **Uji teknis (alpha test)** untuk memastikan aplikasi berjalan stabil dan fitur AR dapat memunculkan objek 3D secara real-time.
- **Uji fungsional (beta test)** dengan melibatkan guru dan siswa untuk menilai kemudahan penggunaan, kejelasan materi, dan relevansi rekomendasi dari algoritma KNN.
- **Uji efektivitas pembelajaran**, dilakukan dengan membandingkan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan aplikasi.

Selama pengujian, data interaksi pengguna dikumpulkan untuk mengevaluasi performa sistem dalam menyesuaikan materi sesuai kemampuan siswa. Visualisasi hasil KNN juga disajikan dalam bentuk grafik scatter plot yang memperlihatkan distribusi siswa berdasarkan skor dan waktu belajar.

Tahap kelima adalah evaluasi. Tahap akhir dilakukan untuk menilai keberhasilan aplikasi dalam mencapai tujuan pembelajaran. Evaluasi mencakup dua aspek utama:

1. **Aspek teknis**, melalui pengujian stabilitas aplikasi, kinerja rendering AR, dan akurasi hasil KNN.

2. **Aspek pedagogis**, melalui analisis peningkatan hasil belajar siswa serta umpan balik dari guru dan peserta didik.

Analisis hasil dilakukan menggunakan **confusion matrix** untuk menghitung tingkat **akurasi**, **presisi**, **recall**, dan **F1-Score** dari rekomendasi algoritma KNN. Selain itu, dilakukan analisis kualitatif terhadap pengalaman pengguna untuk mengetahui sejauh mana aplikasi berbasis AR ini efektif meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak.

Kesimpulan tahapan-tahapan di atas adalah melalui pendekatan model **ADDIE**, penelitian ini dilaksanakan secara berurutan dan terukur: mulai dari analisis kebutuhan, perancangan media, pengembangan sistem berbasis AR dan KNN, hingga implementasi dan evaluasi efektivitasnya di lingkungan pembelajaran nyata. Pendekatan ini diharapkan menghasilkan aplikasi pembelajaran yang **interaktif, adaptif, dan berorientasi pada peningkatan pemahaman siswa sekolah dasar**.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) yang terintegrasi dengan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mendukung pembelajaran adaptif pada siswa sekolah dasar. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity 3D untuk visualisasi objek tiga dimensi serta Python untuk implementasi algoritma KNN.

Aplikasi yang dikembangkan memiliki beberapa fitur utama, yaitu:

1. Visualisasi objek tiga dimensi berbasis AR yang ditampilkan secara real-time melalui perangkat Android.
2. Narasi audio sebagai pendukung penyampaian materi pembelajaran.

3. Kuis interaktif untuk mengukur pemahaman siswa terhadap materi yang telah dipelajari.

4. Sistem rekomendasi berbasis KNN yang memberikan saran materi lanjutan sesuai dengan hasil belajar siswa.

Untuk menguji efektivitas aplikasi, dilakukan pengujian terhadap dua kelompok siswa, yaitu:

- Kelas A, yang menggunakan aplikasi pembelajaran berbasis AR
- Kelas B, yang menggunakan metode pembelajaran konvensional

Jumlah siswa pada masing-masing kelas adalah sebanyak 15 orang.

4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Pengujian Fungsional (Alpha Test)

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur aplikasi dapat berjalan dengan baik. Pengujian meliputi fungsi utama seperti tampilan menu, pemanggilan objek AR, pemutaran audio, serta sistem kuis.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa:

- Aplikasi dapat berjalan dengan baik tanpa mengalami error
- Objek AR dapat muncul secara real-time sesuai marker
- Navigasi aplikasi berjalan dengan lancar
- Kuis interaktif dapat digunakan dengan baik

Dengan demikian, aplikasi dinyatakan layak secara teknis untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

4.2.2 Pengujian Pengguna (Beta Test)

Pengujian pengguna dilakukan dengan melibatkan siswa dan guru untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan aplikasi serta efektivitasnya dalam pembelajaran.

Berdasarkan hasil kuesioner dan observasi:

- Siswa merasa lebih tertarik dalam mengikuti pembelajaran
- Materi lebih mudah dipahami karena ditampilkan dalam bentuk visual 3D

- Guru merasa terbantu dalam menjelaskan konsep yang bersifat abstrak

Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi memiliki tingkat usability yang baik serta dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa.

4.2.3 Analisis Data Hasil Belajar Siswa

Data hasil belajar siswa diperoleh dari hasil kuis yang diberikan setelah proses pembelajaran pada dua kelompok, yaitu kelas A yang menggunakan media pembelajaran berbasis Augmented Reality dan kelas B yang menggunakan metode pembelajaran konvensional.

Berikut merupakan data nilai siswa pada kedua kelas:

Tabel 1

NO	KELAS AR	KELAS KONVENSIONAL
1	85	70
2	78	65
3	82	72
4	88	60
5	90	75
6	76	68
7	84	70
8	79	66
9	87	73
10	91	62
11	83	69
12	80	71
13	86	67
14	77	64
15	89	74

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa nilai siswa pada kelas A cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kelas B. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa.

Untuk memperkuat analisis, dilakukan perhitungan statistik deskriptif berupa rata-rata dan standar deviasi pada masing-masing kelas. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa:

- Rata-rata nilai kelas A (AR): **83,7**

- Rata-rata nilai kelas B (Konvensional): **68,4**

Selain itu, standar deviasi pada kelas A lebih kecil dibandingkan kelas B, yang menunjukkan bahwa nilai siswa pada kelas A lebih konsisten dan tidak terlalu bervariasi.

Selanjutnya, untuk memperjelas perbandingan, dilakukan visualisasi data dalam bentuk grafik.

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Data dari skripsi
kelas_A = [85,78,82,88,90,76,84,79,87,91,83,89,86,77,89]
kelas_B = [70,65,72,60,75,68,70,66,73,62,69,71,67,64,74]

# Hitung rata-rata
mean_A = np.mean(kelas_A)
mean_B = np.mean(kelas_B)

# Data untuk bar chart
kelas = ['Kelas A (AR)', 'Kelas B (Konvensional)']
rata_rata = [mean_A, mean_B]

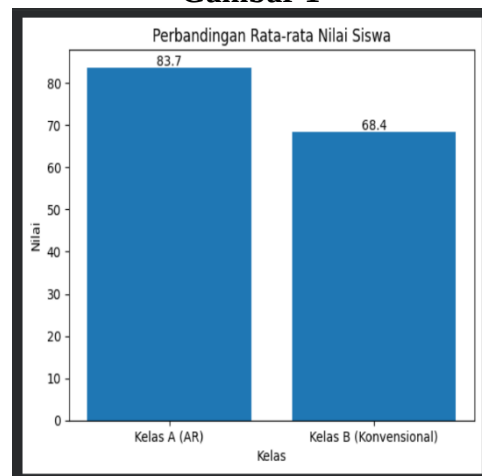
# Plot bar chart
plt.figure()
plt.bar(kelas, rata_rata)

# Judul dan Label
plt.title('Perbandingan Rata-rata Nilai Siswa')
plt.xlabel('Kelas')
plt.ylabel('Nilai')

# Tampilkan nilai di atas bar
for i, v in enumerate(rata_rata):
    plt.text(i, v + 0.5, f'{v:.1f}', ha='center')

# Tampilkan grafik
plt.show()
  
```

Gambar 1



Gambar 2

Gambar 1 dan 2 Visualisasi Data Perbandingan Rata-Rata Nilai Siswa Menggunakan Google Colab

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa rata-rata nilai siswa pada kelas A lebih tinggi dibandingkan kelas B, yang menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis AR memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa.

```
[2]
import matplotlib.pyplot as plt

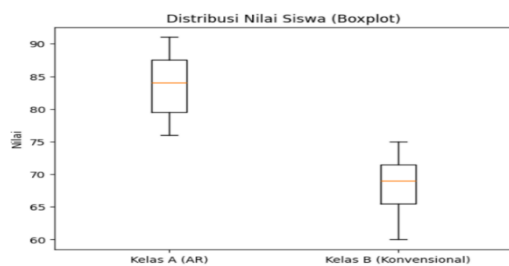
# Data kamu
kelas_A = [85,78,82,88,90,76,84,79,87,91,83,80,86,77,89]
kelas_B = [70,65,72,60,75,68,70,66,73,62,69,71,67,64,74]

# Membuat boxplot
plt.figure()
plt.boxplot([kelas_A, kelas_B], labels=['Kelas A (AR)', 'Kelas B (Konvensional)'])

plt.title('Distribusi Nilai Siswa (Boxplot)')
plt.ylabel('Nilai')

plt.show()
```

Gambar 3 Boxplot Code



Gambar 4 Boxplot

Gambar 3 dan 4 adalah Visualisasi Data Distribusi Nilai Siswa Menggunakan Boxplot

Gambar 4 menunjukkan bahwa distribusi nilai pada kelas A lebih stabil dibandingkan kelas B. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis AR mampu meningkatkan pemerataan pemahaman siswa.

```
[3]
import matplotlib.pyplot as plt

# Data kamu
kelas_A = [85,78,82,88,90,76,84,79,87,91,83,80,86,77,89]
kelas_B = [70,65,72,60,75,68,70,66,73,62,69,71,67,64,74]

# Scatter plot
plt.figure()

# Plot Kelas A
plt.scatter(range(1, 16), kelas_A, label='Kelas A (AR)')

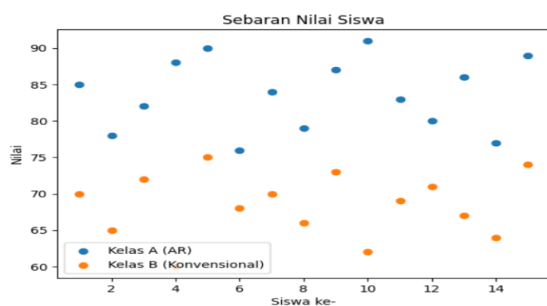
# Plot Kelas B
plt.scatter(range(1, 16), kelas_B, label='Kelas B (Konvensional)')

# Judul dan label
plt.title('Sebaran Nilai Siswa')
plt.xlabel('Siswa ke-')
plt.ylabel('Nilai')

# Legend
plt.legend()

# Tampilkan
plt.show()
```

Gambar 5 Scatter Plot Code



Gambar 6 Sebaran Nilai Siswa (Scatter Plot)

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6, terlihat bahwa sebagian besar siswa pada kelas A memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan kelas B. Alasan menggunakan *Scatter Plot* yaitu untuk melihat pola sebaran individu siswa dan membandingkan distribusi nilai antar kelas secara visual.

4.2.4 Analisis Statistik

Untuk memperkuat hasil penelitian, dilakukan analisis statistik terhadap data nilai siswa. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup jelas antara hasil belajar siswa pada kelas A dan kelas B berdasarkan analisis deskriptif.

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis AR memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan hasil belajar siswa dibandingkan metode konvensional.

4.3 Hasil Implementasi Algoritma KNN

Pada penelitian ini, algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) digunakan untuk mendukung sistem pembelajaran adaptif dengan cara mengelompokkan siswa berdasarkan hasil belajar mereka. Tujuan utama dari penerapan algoritma ini adalah untuk memberikan rekomendasi materi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing siswa.

Data yang digunakan dalam proses klasifikasi meliputi beberapa parameter, yaitu:

- Nilai kuis siswa
- Waktu belajar (simulasi)
- Frekuensi pengulangan materi (simulasi)

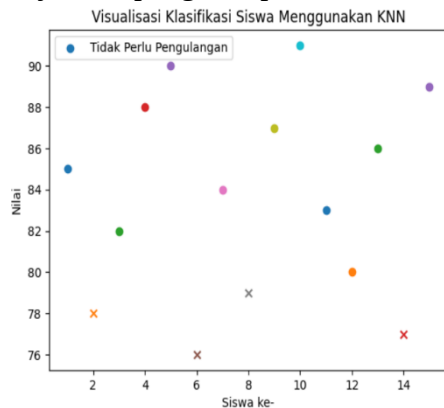
Berdasarkan parameter tersebut, setiap siswa diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu:

- **Perlu Pengulangan**, yaitu siswa dengan tingkat pemahaman yang masih rendah
- **Tidak Perlu Pengulangan**, yaitu siswa dengan tingkat pemahaman yang sudah baik.

4.3.1 Proses Klasifikasi KNN

Proses klasifikasi dilakukan dengan menghitung jarak antara data siswa menggunakan metode Euclidean Distance. Data siswa yang memiliki jarak terdekat akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan kategori siswa tersebut.

Hasil klasifikasi divisualisasikan dalam bentuk *scatter plot* untuk menunjukkan pengelompokan data siswa.



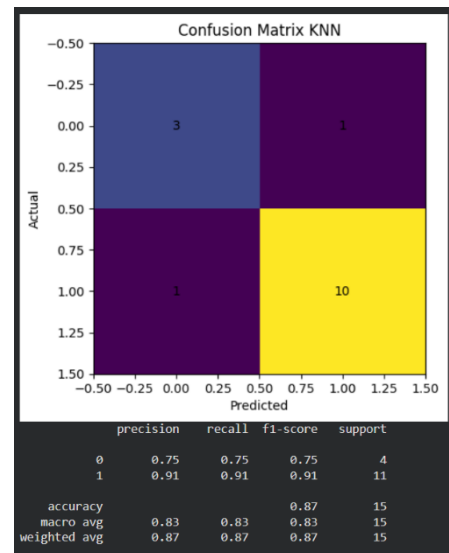
Gambar 7 Visualisasi Klasifikasi Siswa Menggunakan KNN (Scatter Plot)

Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa data siswa terbagi ke dalam dua kelompok utama berdasarkan tingkat pemahaman mereka. Siswa dengan nilai tinggi cenderung masuk ke dalam kategori “Tidak Perlu Pengulangan”, sedangkan siswa dengan nilai lebih rendah masuk ke dalam kategori “Perlu Pengulangan”.

Hal ini menunjukkan bahwa algoritma KNN mampu mengelompokkan siswa secara efektif berdasarkan kemiripan data.

4.3.2 Evaluasi Model KNN

Untuk mengukur performa algoritma K-Nearest Neighbor (KNN), dilakukan evaluasi menggunakan confusion matrix. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi klasifikasi yang dihasilkan oleh model dalam mengelompokkan siswa ke dalam kategori “Perlu Pengulangan” dan “Tidak Perlu Pengulangan”.



Gambar 8 Confusion Matrix KNN

Berdasarkan confusion matrix pada Gambar 8, diperoleh hasil sebagai berikut:

- True Negative (TN): 3
- True Positive (TP): 10
- False Positive (FP): 1
- False Negative (FN): 1

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh model.

Berdasarkan hasil evaluasi, diperoleh metrik sebagai berikut:

- **Akurasi:** 87%
- **Presisi:** 75% (kelas “Perlu Pengulangan”) dan 91% (kelas “Tidak Perlu Pengulangan”)
- **Recall:** 75% dan 91%
- **F1-Score:** 75% dan 91%

Nilai akurasi sebesar 87% menunjukkan bahwa model KNN memiliki performa yang cukup baik dalam mengklasifikasikan kebutuhan belajar siswa. Nilai presisi dan recall yang tinggi pada kategori “Tidak Perlu Pengulangan” menunjukkan bahwa model lebih akurat dalam mengidentifikasi siswa dengan tingkat pemahaman yang baik.

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi yang ditunjukkan oleh nilai False Positive dan False Negative. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan jumlah data serta kemiripan karakteristik antar siswa.

Secara keseluruhan, model KNN dapat dikatakan efektif dalam mendukung

sistem pembelajaran adaptif, karena mampu memberikan klasifikasi yang cukup akurat untuk menentukan kebutuhan belajar siswa.

4.3.3 Analisis Hasil KNN

Berdasarkan hasil klasifikasi dan evaluasi menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN), diperoleh bahwa model mampu mengelompokkan siswa ke dalam kategori “Perlu Pengulangan” dan “Tidak Perlu Pengulangan” dengan tingkat akurasi sebesar 87%.

Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma KNN cukup efektif dalam mengidentifikasi kebutuhan belajar siswa berdasarkan data yang digunakan, yaitu nilai kuis dan parameter pendukung lainnya. Sebagian besar siswa dengan nilai tinggi berhasil diklasifikasikan ke dalam kategori “Tidak Perlu Pengulangan”, sedangkan siswa dengan nilai lebih rendah dikategorikan sebagai “Perlu Pengulangan”.

Selain itu, berdasarkan confusion matrix, terdapat beberapa kesalahan klasifikasi yang ditunjukkan oleh nilai False Positive dan False Negative. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun model sudah bekerja dengan baik, masih terdapat keterbatasan dalam membedakan beberapa data yang memiliki karakteristik yang mirip.

Dari hasil tersebut, dapat dianalisis bahwa performa KNN sangat dipengaruhi oleh:

- Jumlah data yang digunakan dalam proses pelatihan
- Pemilihan nilai parameter k
- Kedekatan karakteristik antar data siswa

Semakin banyak dan beragam data yang digunakan, maka akurasi model cenderung akan meningkat. Selain itu, pemilihan nilai k yang tepat juga berpengaruh terhadap hasil klasifikasi, karena nilai k menentukan jumlah tetangga terdekat yang dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan.

Integrasi algoritma KNN dengan media pembelajaran berbasis Augmented

Reality (AR) memberikan keunggulan tersendiri dalam sistem pembelajaran. AR berperan dalam meningkatkan pemahaman siswa melalui visualisasi interaktif, sedangkan KNN berperan dalam menyesuaikan materi pembelajaran berdasarkan kemampuan siswa.

Dengan demikian, kombinasi antara AR dan KNN menghasilkan sistem pembelajaran yang tidak hanya interaktif, tetapi juga adaptif. Sistem ini mampu memberikan rekomendasi pembelajaran yang lebih personal, sehingga dapat membantu meningkatkan efektivitas proses belajar siswa.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma KNN dalam aplikasi pembelajaran berbasis AR dapat mendukung peningkatan kualitas pembelajaran, baik dari segi pemahaman siswa maupun penyesuaian materi secara individual.

4.4 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran memberikan dampak positif terhadap pemahaman siswa. Visualisasi objek tiga dimensi memungkinkan siswa untuk memahami konsep abstrak dengan lebih mudah dibandingkan metode konvensional yang hanya menggunakan media dua dimensi.

Selain itu, integrasi algoritma KNN memungkinkan sistem untuk memberikan rekomendasi materi yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing siswa. Hal ini mendukung konsep pembelajaran adaptif, di mana setiap siswa mendapatkan pengalaman belajar yang berbeda sesuai dengan tingkat pemahamannya.

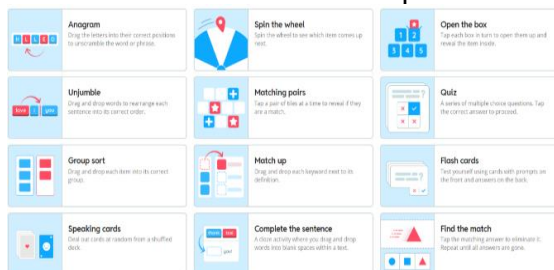
Perbandingan antara kelas A dan kelas B menunjukkan bahwa:

- Pembelajaran berbasis AR meningkatkan motivasi belajar siswa
- Pemahaman siswa terhadap materi menjadi lebih baik
- Nilai siswa menjadi lebih tinggi dan lebih merata

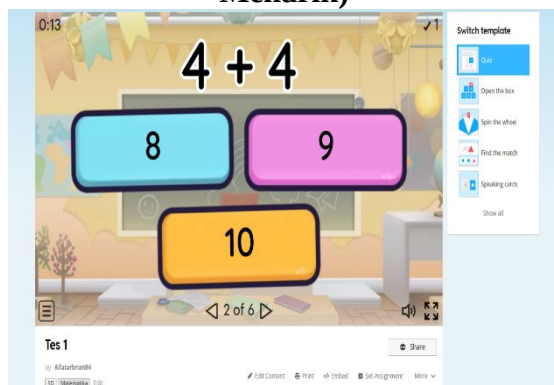
Dengan demikian, kombinasi antara teknologi AR dan algoritma KNN tidak hanya meningkatkan kualitas penyampaian materi, tetapi juga meningkatkan efektivitas pembelajaran secara keseluruhan. Dan Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran serta keterlibatan siswa.

4.5 Integrasi Media Pendukung (Wordwall)

Sebagai media pendukung, digunakan platform Wordwall untuk memberikan evaluasi tambahan dalam bentuk kuis interaktif berbasis permainan.



Gambar 9 Tampilan Kuis Interaktif Wordwall (Berbagai Macam Model Menarik)



Gambar 10 Tampilan Kuis Interaktif Wordwall (Salah Satu Tampilan Penerapannya)

Rank	Name	Score	Time
1st	Zaki	6	29.9
2nd	-	-	-
3rd	-	-	-
4th	-	-	-
5th	-	-	-
6th	-	-	-
7th	-	-	-
8th	-	-	-
9th	-	-	-
10th	-	-	-

Gambar 11 Tampilan Kuis Interaktif Wordwall (Untuk Mengumpulkan Data Nilai)

Penggunaan Wordwall membantu meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses evaluasi karena memberikan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan dan interaktif.

4.6 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain:

1. Jumlah sampel penelitian yang masih terbatas.
2. Data yang digunakan masih berupa simulasi sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi nyata pengguna.
3. Model KNN belum dioptimasi secara mendalam.

4.7 Implikasi Penelitian

Penelitian ini menunjukkan bahwa:

- Teknologi AR dapat digunakan sebagai media pembelajaran inovatif.
- Integrasi algoritma KNN mampu mendukung pembelajaran adaptif.

Kombinasi keduanya efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan aplikasi pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) berhasil diimplementasikan dan mampu menampilkan objek tiga dimensi secara interaktif sehingga membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak dengan lebih mudah. Penggunaan media pembelajaran berbasis AR juga terbukti memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa, yang ditunjukkan melalui rata-rata nilai siswa pada kelas eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional.

Selain itu, implementasi algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) dalam sistem pembelajaran adaptif mampu mengelompokkan siswa berdasarkan tingkat pemahaman dengan tingkat akurasi sebesar 87%, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memberikan rekomendasi materi

pembelajaran secara personal sesuai kebutuhan siswa. Integrasi teknologi AR dan algoritma KNN menghasilkan sistem pembelajaran yang interaktif dan adaptif, sehingga mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran dari segi pemahaman konsep, motivasi belajar, dan hasil belajar siswa. Penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi dengan menggabungkan visualisasi interaktif dan kecerdasan buatan dalam satu sistem pembelajaran untuk siswa sekolah dasar.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti jumlah sampel yang masih terbatas dan penggunaan data simulasi dalam proses klasifikasi KNN. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar serta data nyata (real data) agar hasil penelitian lebih representatif dan akurasi model dapat ditingkatkan. Selain itu, optimasi parameter pada algoritma KNN, seperti penentuan nilai k optimal dan seleksi fitur, perlu dilakukan untuk meningkatkan performa klasifikasi. Pengembangan aplikasi juga dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur gamifikasi, analitik pembelajaran, maupun integrasi metode kecerdasan buatan lainnya agar sistem menjadi lebih interaktif dan efektif. Implementasi aplikasi pada lebih banyak sekolah juga diperlukan untuk menguji efektivitas sistem dalam skala yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurul, R. A., Icha P. S., Nurhayani, S., R. S. (2023). Pengaruh Media Augmented Reality Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 7(1).
- [2] Nadia, P. D., Dyah, L., Iis, N. (2023). Pengembangan Modul Ajar Sejarah Berbasis Augmented Reality di Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 10(1).
- [3] Fintas, Y., Norhikmah. (2024). Pengenalan Hewan Langka Menggunakan Teknologi Augmented Reality dan QR Code Berbasis Marker-Based. *Jurnal Sistem Informasi*, 13(2), 616–630.
- [4] Rizali Rachim, M., Salim, A. (2024). Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Keaktifan Belajar Siswa Dalam Pendidikan Modern.
- [5] Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer.
- [6] Suhartono, S., Wijaya, A. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran AR untuk Sekolah Dasar.
- [7] Choudhary, S., Sharma, A., & Agarwal, R. (2020). Application of K-Nearest Neighbor in Personalized Learning Systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 102–110.
- [8] Cover, T., & Hart, P. (1967). Nearest Neighbor Pattern Classification. *IEEE Transactions on Information Theory*, 13(1), 21–27.
- [9] Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann.
- [10] Ibáñez, M.-B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with AR and Gamification to Improve the Learning Experience. *Computers & Education*, 68, 1–11.
- [11] Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature. *Educational Research Review*, 20, 1–15.
- [12] Nurhayati, S. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality untuk Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(3), 67–78.
- [13] Altman, N. S. (1992). *An Introduction to Kernel and Nearest-Neighbor Nonparametric*

Regression. The American
Statistician, 46(3), 175–185.