

Tutorial Praktikum Kalorimeter Berbasis *Augmented Reality* Dan Metode Mamdani

Gita Cahyani Lestari¹, Sri Supatmi², Usep Mohammad Ishaq³

^{1,3}Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No. 112 - 116, Bandung, Indonesia 40132

²Program Studi Magister Sistem Informasi, Fakultas Pascasarjana, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No. 112-116, Bandung, Indonesia 40132

*email: gitacahyanilestari@mahasiswa.unikom.ac.id

(Naskah masuk: 30 Agustus 2020; diterima untuk diterbitkan: 30 September 2020)

ABSTRAK – Proses pembelajaran harus dikemas dengan menarik agar peserta didik termotivasi untuk belajar. Maka dari itu, diperlukan media interaktif yang menunjang proses pembelajaran didukung oleh alat-alat berupa media yang menarik seperti teknologi *Augmented Reality*. Teknologi ini banyak digunakan untuk industri hiburan karena dapat memberikan kesan nyata kepada penggunaannya sehingga dapat membantu meningkatkan motivasi para peserta didik dalam belajar. Pada topik ini, penelitian dikhususkan pada pembuatan *Augmented Reality* tentang tutorial praktikum fisika dasar modul kalorimeter pada jurusan Sistem Komputer di Universitas Komputer Indonesia yang berbasis Android. Aplikasi ini menyajikan pengenalan alat dan bahan praktikum serta langkah-langkah praktikum. Selain itu, dapat melakukan pemrosesan data praktikum menggunakan metode fuzzy Mamdani karena dalam melakukan pengukuran sering terjadi kesalahan yang mengakibatkan hasilnya tidak tepat sama dengan data kalor jenis zat sehingga kesulitan dalam menentukannya. Hasil pengujian menunjukkan sebesar 76,25% mempermudah praktikan untuk memahami suatu materi praktikum kalorimeter, dan 80% mempermudah pemrosesan data praktikum serta diperoleh error data sebesar 0,0000005 menggunakan metode fuzzy mamdani sehingga dapat digunakan untuk penentuan kalor jenis.

Kata Kunci : *Augmented Reality*, Kalorimeter, Fuzzy Mamdani, Fisika Dasar, Praktikum

Calorimeter Practicum Tutorial Of *Augmented Reality* And Mamdani Method

ABSTRACT – The learning process must be attractively packaged to motivate the students to learn. Therefore, it needed an interactive media that supports the learning process supported by new tools such as *Augmented Reality* technology. This technology is widely used for the entertainment industry because it can give a real impression to its users to help increase the motivation of students in learning. This research was making *Augmented Reality* about the basic physics practice tutorial on the calorimeter module in the Department of Computer Systems at the Indonesian Computer University based on Android. This application presents an introduction to practical tools and materials as well as practical steps. Also, the data of practicum can be done by employing the Mamdani fuzzy method due to assessments are often carried out relating to the right data with the type of substance's heat data, making it difficult to determine. The results show that 76.25% makes it easier for the practitioner to understand a calorimeter practicum material, and 80% makes it easier for the practicum data, then obtain a data error rate of 0.0000005 using the Mamdani fuzzy method to determine the specific heat.

Keywords - *Augmented Reality*, Calorimeter, Fuzzy Mamdani, Basic Physics, Practicum

1. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan suatu faktor yang mempengaruhi kemajuan bangsa [1]. Pendidikan diwujudkan dalam suatu kegiatan pembelajaran

untuk mengembangkan potensi diri peserta didik salah satunya adalah metode praktikum. Metode praktikum menyajikan materi melalui pengamatan dan percobaan menggunakan alat-alat praktikum [2]. Mata kuliah fisika dasar pada

perguruan tinggi adalah ilmu yang lebih mudah dipahami dengan praktik sehingga tidak bisa dipelajari dari sisi teori saja. Bahan ajar materi praktikum ini masih kurang variatif karena hanya menyajikan dua media, yaitu gambar dan teks. Akibatnya, praktikan merasa kesulitan dalam mempelajari dan memahami materi praktikum sehingga membutuhkan imajinasi yang tinggi untuk dapat memahami materi tersebut khususnya modul kalorimeter. Oleh karena itu, kemampuan praktikan harus ditingkatkan melalui penggunaan beberapa indra dengan memuat penggunaan multimedia. Dalam praktikum modul kalorimeter, praktikan akan diminta untuk mengukur dan menghitung kalor jenis dari suatu zat yang diberikan di laboratorium dengan menggunakan alat kalorimeter. Kalorimeter digunakan untuk pencampuran dua zat atau lebih pada suatu alat berbentuk wadah yang berlangsung dalam keadaan ideal di mana keadaan ini tidak memungkinkan adanya interaksi antara zat lain dengan sistem pencampuran tersebut [3]. Hasil yang diperoleh tersebut dicocokkan dengan tabel kalor jenis zat untuk menentukan kalor jenis. Permasalahan yang sering muncul dalam penentuan kalor jenis adalah hasil yang diperoleh tidak tepat sama dengan data kalor jenis zat sehingga kesulitan dalam menentukannya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu sebuah media interaktif yaitu penggunaan teknologi *Augmented Reality*. Teknologi ini dapat membuat praktikan melakukan simulasi mirip dengan sebenarnya. Untuk menampilkan objek 3D, kamera akan membaca kemudian melacak *marker* (penanda) menggunakan algoritma *FAST Corner* yang bekerja menurunkan tingkat akurasi pada deteksi sudut [4],[5]. Pada penerapan *Augmented Reality* ini menggunakan metode *Marker-Based Tracking* berupa *marker* objek dua dimensi yang memiliki pola ilustrasi putih dan hitam persegi dengan latar belakang putih dan batas hitam tebal yang nantinya dibaca oleh media kamera [6],[7],[8].

Selanjutnya, dalam menentukan kalor jenis zat menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Metode ini akan memberikan toleransi terhadap nilai, apabila terjadi perbedaan sedikit pada suatu nilai tersebut tidak akan memberikan perubahan yang signifikan [9],[10]. Dengan demikian, akan mempermudah dalam menentukan jenis kalornya walaupun hasil yang didapat tidak sama persis.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Selvia Lorena Br. Ginting, dan Fauzi Sofyan [6] tentang “Aplikasi Pengenalan Alat Musik Tradisional Indonesia Menggunakan Metode *Based Marker Augmented Reality* Berbasis Android”. Hasil

yang didapatkan bahwa teknologi *Augmented Reality* dapat memainkan alat musik tradisional seperti pada alat musik yang sebenarnya. Kemudian penelitian oleh Sigit Wasista, Setiawardhana, dkk [11] tentang “Aplikasi *Augmented Reality* Untuk Pengenalan Jaringan Komputer Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Interaktif” menggunakan metode *based marker Augmented Reality*. Hasil yang didapatkan bahwa *Augmented Reality* dapat mengurangi rasa jenuh dalam proses pembelajaran. Dan penelitian oleh Irfan Dwiguna Sumitra dan Sri Supatmi [12] “*Mamdani Fuzzy Inference System Using Three Parameters For Flood Disaster Forecasting In Bandung Region*”. Hasil yang didapatkan dengan sistem inferensi fuzzy menerapkan algoritma Mamdani di Matlab telah berhasil meramalkan banjir untuk menginformasikan keadaan di suatu daerah di Provinsi Jawa Barat dan menyajikan akurasi tinggi untuk memutuskan keadaan peramalan di suatu wilayah.

Berangkat dari beberapa peneliti sebelumnya, peneliti bertujuan membuat aplikasi teknologi *Augmented Reality* untuk tutorial praktikum fisika dasar modul kalorimeter dan penentuan kalor jenis menggunakan metode Fuzzy Mamdani pada jurusan sistem komputer di Universitas Komputer Indonesia berbasis Android. Selain itu, aplikasi ini menyajikan pengenalan alat-alat praktikum, langkah-langkah dalam praktikum, dan pemrosesan data praktikum sehingga praktikan dapat membandingkan hasil perhitungan secara matematis dengan aplikasi yang ada di Android. Aplikasi ini diharapkan dapat mempermudah asisten dosen untuk menerangkan suatu materi sehingga praktikan dapat memahami teori, menyiapkan alat dan bahan, memasang serta menggunakan alat praktikum menggunakan media yang menyenangkan.

2. METODE DAN BAHAN

Metode Penelitian

Pada metode penelitian ini menggunakan metode waterfall yang terdiri dari enam tahapan [13], yaitu:

1. Analisis Kebutuhan
Pada tahap ini, menganalisis seluruh kebutuhan dari perangkat lunak yang akan dibangun.
2. Perancangan Sistem
Studi literatur yaitu menentukan *software* yang digunakan dalam pembangunan sistem. Tools yang digunakan yaitu blender *versi* 2.82 untuk membuat objek 3D beserta informasinya, unity *versi* 2019.3.13f sebagai

application build dan *vuforia sdk* sebagai *library augmented reality*. Untuk antarmuka berbasis Android menggunakan pemrograman berorientasi objek menggunakan UML.

3. Kode Program
 Kode program yaitu melakukan penerjemahan dari perancangan menjadi bahasa pemrograman C#.
4. Pengujian
 Sistem yang telah dibuat akan diuji menggunakan pengujian alpha metode *black-box* untuk mengetahui apakah sesuai antara perangkat lunak dengan perancangan yang diinginkan. Kemudian, pengujian akurasi bertujuan untuk mengetahui akurasi perhitungan dari penerapan metode fuzzy mamdani. Selanjutnya pengujian beta untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna terhadap aplikasi yang telah dibangun. Sedangkan pengujian *marker* untuk mengetahui *marker* yang dibuat apakah sudah berjalan dengan baik.
5. Analisa dan kesimpulan, yaitu analisa yang dilakukan dari pengujian sistem dalam mengambil beberapa informasi dari penelitian ini. Data yang sudah diambil dalam tahap pengujian akan diolah agar didapatkan kesimpulan.

Dalam penelitian ini, melakukan proses mengumpulkan data sebagai berikut:

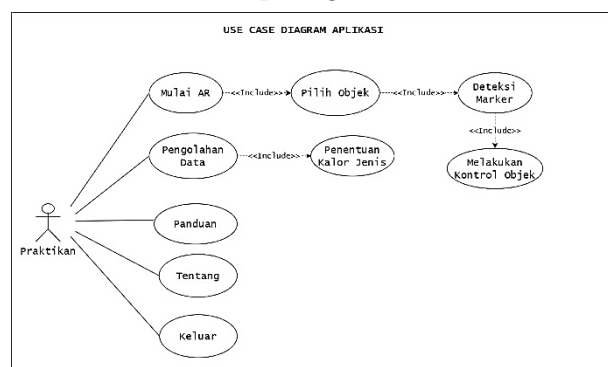
1. Studi literatur, yaitu mempelajari materi yang berkaitan dengan topik penelitian dari internet, buku maupun jurnal.
2. Studi lapangan, melakukan observasi ke laboratorium fisika dasar di Universitas Komputer Indonesia untuk mengamati proses pembelajaran praktikum kalorimeter dan memperoleh data praktikum sehingga dapat divisualisasikan menjadi objek 3D.
3. Wawancara, pada penelitian ini melakukan wawancara kepada asisten dosen lab fisika dasar tentang ke-efektif-an aplikasi tutorial praktikum kalorimeter. Wawancara ini bertujuan mendapatkan hasil pengujian beta.
4. Survei, pada penelitian ini untuk mengetahui ke-efektif-an aplikasi yang dibangun maka menyediakan kuesioner kepada praktikan yang telah mengambil mata kuliah fisika dasar. Kuesioner tersebut diberikan kepada 20 mahasiswa/i Program Studi Sistem Komputer di Universitas Komputer Indonesia. Survei ini bertujuan mendapatkan hasil pengujian beta.

Pemodelan Sistem

Unified Modeling Language (UML) merupakan pemodelan berupa bahasa yang dipakai dalam membangun, mendokumentasikan, dan menspesifikasikan suatu perangkat lunak [6],[14]. Perancangan aplikasi ini sebagai berikut:

A. Use Case Diagram

Use case menggambarkan interaksi antara seorang aktor dengan sistem [4]. Berikut Use Case Diagram pada aplikasi teknologi *Augmented Reality* untuk tutorial praktikum kalorimeter dan penentuan kalor jenis menggunakan metode fuzzy mamdani tercantum pada gambar berikut:



Gambar 1. Perancangan Use Case Diagram

Pada gambar 1 terdapat satu aktor dan delapan Use Case yang dibutuhkan dalam sistem. Aktor tersebut adalah praktikan. Sementara Use Case pada sistem ini terdiri dari Mulai AR, Pilih Objek, Deteksi Marker, Melakukan Kontrol Objek, Pengolahan Data, Penentuan Kalor Jenis, Panduan, Tentang, dan Keluar.

1. Definisi Aktor

Setiap aktor yang terdapat pada sistem akan dideskripsikan berdasarkan aktivitas yang dapat dilakukannya dalam sistem. Definisi aktor pada aplikasi ini dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Definisi Aktor

No	Use Case	Deskripsi
1.	Praktikan Pengguna	aplikasi AR, melakukan pilih objek, deteksi marker, mengolah data praktikum, melihat panduan aplikasi, melihat informasi pembuat aplikasi dan keluar dari aplikasi.

2. Definisi Use Case

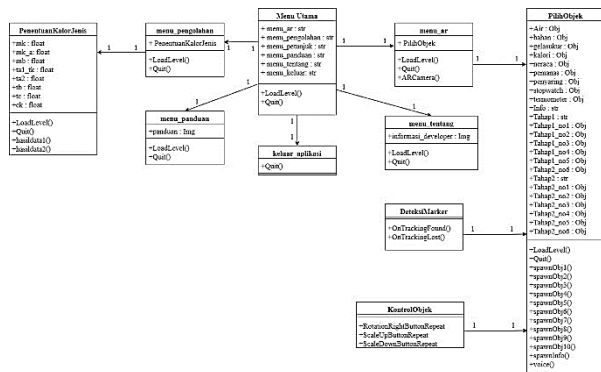
Setiap Use Case yang terdapat pada gambar 3 akan dideskripsikan berupa penjabaran aktivitas yang terjadi pada sistem. Pada Tabel 2 merupakan definisi Use Case pada system.

Tabel 2. Definisi Use Case

No	Use Case	Deskripsi
1.	Mulai AR	Menu untuk menampilkan halaman tutorial praktikum berdasarkan objek dan dapat dipilih oleh praktikan
2..	Pilih Objek	Proses menampilkan menu yang dapat dipilih praktikan sesuai objek
3.	Deteksi Marker	Proses di mana kamera akan mendeteksi <i>marker</i> berdasarkan <i>marker</i> yang dipilih oleh praktikan
4.	Melakukan Kontrol Objek	Proses melakukan fungsi <i>Zoom In</i> , <i>Zoom Out</i> dan Rotasi terhadap Objek 3D.
5.	Pengolahan Data	Menampilkan halaman pengolahan data praktikum
6.	Penentuan Kalor Jenis	Proses menentukan kalor jenis menggunakan metode fuzzy Mamdani
7.	Panduan	Menampilkan informasi cara menggunakan aplikasi
8.	Tentang	Menampilkan identitas dan versi aplikasi dari <i>developer</i>
9.	Keluar	Merupakan tombol keluar untuk keluar dari aplikasi

B. Class Diagram

Class Diagram merupakan diagram yang menampilkan beberapa kelas beserta hubungan sistem [14]. Berikut class diagram pada aplikasi.



Gambar 2. Class Diagram

Perancangan Sistem

Perancangan sistem bertujuan untuk mempermudah dalam pembuatan aplikasi. Adapun perancangan sistem pada aplikasi sebagai berikut:

A. Komponen

Untuk membangun aplikasi ini dibutuhkan komponen yang menunjang pembangunan sistem.

Tabel 3. Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1.	Windows 10 64 bit	Sebagai sistem operasi dari komputer yang digunakan.

No	Perangkat Lunak	Keterangan
2.	Unity 3D	Digunakan untuk membuat media pembelajaran praktikum kalorimeter.
3.	Blender	Digunakan untuk membuat objek 3D praktikum kalorimeter.
4.	Vuforia SDK	Digunakan untuk <i>library Augmented Reality</i> .
5.	SDK Android	Digunakan untuk membuat aplikasi mampu berjalan pada <i>platform</i> Android.
6.	JDK	Digunakan untuk logika <i>source code</i> dalam pembuatan <i>input field</i> pada menu pengolahan data.
7.	StarUML	Digunakan untuk membuat use case diagram, activity diagram, sequence diagram, dan class diagram.

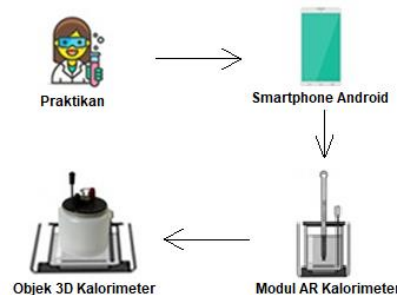
B. Perancangan Data

Perancangan data adalah suatu proses menentukan kebutuhan data beserta isinya untuk mendukung rancangan sistem.

Tabel 4. Perancangan Data

No	Field Name	Type
1.	Marker	Img
2.	Alat dan Bahan Praktikum, Tahap 1, dan Tahap II	.blend
3.	Informasi	Img, Audio
4.	Tombol Menu	Img
5.	Tampilan Panduan	Img
6.	Tampilan Tentang	Img
7.	Data Praktikum	Float
8.	Input Fuzzy Mamdani	Float
9.	Output Fuzzy Mamdani	Teks

C. Gambaran Umum Sistem



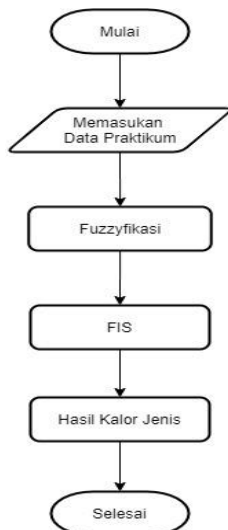
Gambar 3. Gambaran Umum Sistem

Berikut keterangan dari gambar:

1. Praktikan, sebagai pengguna yang sedang mengambil mata kuliah praktikum fisika dasar modul kalorimeter.
2. *Smartphone* Android sebagai penginderaan terhadap *marker* yang sudah disediakan.

3. AR modul kalorimeter sebagai penanda (*marker*) yang sudah disediakan.
4. Objek 3D Kalorimeter sebagai objek yang ditampilkan di atas *marker* sehingga praktikan dapat berinteraksi dengan objek. Setelah itu praktikan dapat memilih beberapa opsi seperti informasi objek 3D, rotasi, perbesar atau perkecil objek 3D.

D. Perancangan Fuzzy Mamdani



Gambar 4. Flowchart Fuzzy Mamdani

Gambar 4 menjelaskan tentang sistem penentuan kalor jenis menggunakan metode fuzzy Mamdani. Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa C_k dan C_b merupakan nilai yang nantinya akan dicocokkan dengan data kalor jenis zat untuk memperkirakan jenis zat yang digunakan pada saat praktikum. Kedua parameter tersebut digunakan sebagai inputan terhadap sistem yang dibangun.

1. Praktikan diminta untuk mengisi data praktikum sehingga mendapatkan nilai C_k dan C_b .
2. Fuzzifikasi
 Dalam penelitian ini terdapat empat variabel, yaitu 2 variabel input terdiri dari Variabel C_k memiliki nilai himpunan fuzzy 0,216-0,230, Variabel C_b memiliki nilai himpunan fuzzy yaitu 0,189-0,241, 0,137-0,183, dan 0,097-0,129. Sedangkan untuk output memiliki 2 variabel output yaitu Variabel Kalor Jenis Kalorimeter yang memiliki nilai himpunan yaitu Aluminium, Variabel Kalor Jenis Zat memiliki nilai himpunan yaitu, Aluminium, Besi, dan Kaca.
3. Penentuan fuzzy rule
 Pada Tahap ini Variabel tersebut diubah ke dalam bentuk himpunan fuzzy. Selanjutnya,

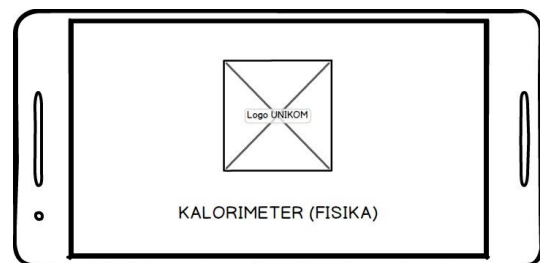
dibentuk aturan yang sesuai untuk penentuan kalor jenis.

Pada kasus ini terdapat 4 rules sebagai berikut:

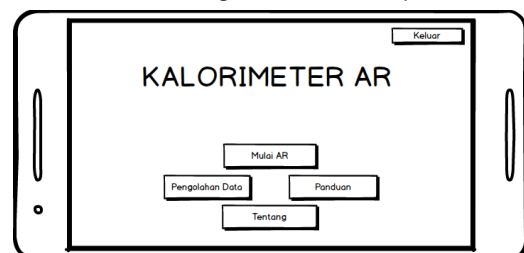
1. $R_1 = \text{If } C_k \geq 0,216 \text{ or } C_k \leq 0,230 \text{ Then Kalor jenis kalorimeter} = \text{"Aluminium"}$
2. $R_2 = \text{If } C_b \geq 0,189 \text{ or } C_b \leq 0,241 \text{ Then Kalor jenis Zat} = \text{"Aluminium"}$
3. $R_3 = \text{If } C_b \geq 0,137 \text{ or } C_b \leq 0,183 \text{ Then Kalor jenis Zat} = \text{"Kaca"}$
4. $R_4 = \text{If } C_b \geq 0,097 \text{ or } C_b \leq 0,129 \text{ Then Kalor jenis Zat} = \text{"Besi"}$

Rancangan Aplikasi

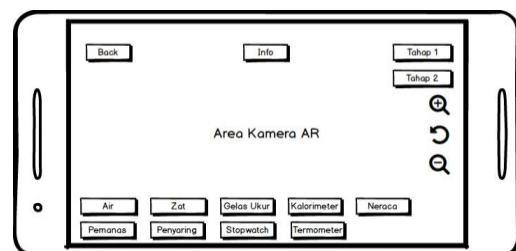
Perancangan aplikasi bertujuan memberikan gambaran terkait aplikasi yang akan dibangun. Berikut adalah perancangan aplikasi yang akan dibangun.



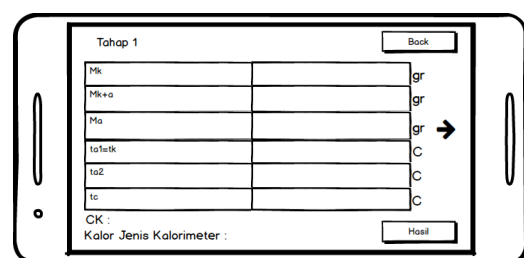
Gambar 5. Perancangan Antarmuka Splash Screen



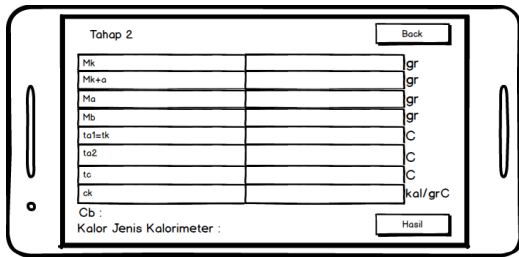
Gambar 6. Perancangan Antarmuka Halaman Utama



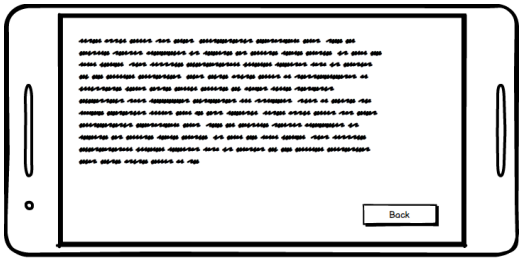
Gambar 7. Perancangan Antarmuka Mulai AR Alat dan Bahan



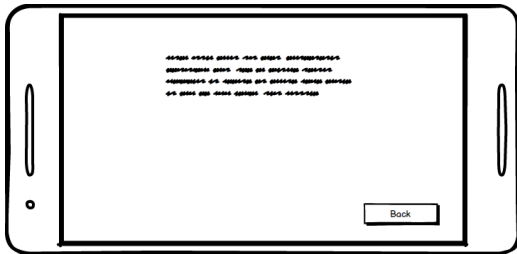
Gambar 8. Perancangan Antarmuka Pengolahan Data Tahap I



Gambar 9. Perancangan Antarmuka Pengolahan Data Tahap II



Gambar 10. Perancangan Antarmuka Menu Panduan



Gambar 11. Perancangan Antarmuka Menu Tentang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan sistem yang telah dibangun sebagai berikut:

Tampilan Layar Aplikasi

A. Tampilan Splash Screen

Tampilan ini merupakan tampilan pertama yang ditampilkan ketika praktikan memilih mulai aplikasi.



Gambar 12. Tampilan Splash Screen

B. Tampilan Menu Utama

Tampilan menu ini adalah halaman utama aplikasi yang terdapat beberapa tombol, diantaranya tombol menu mulai AR, tombol menu

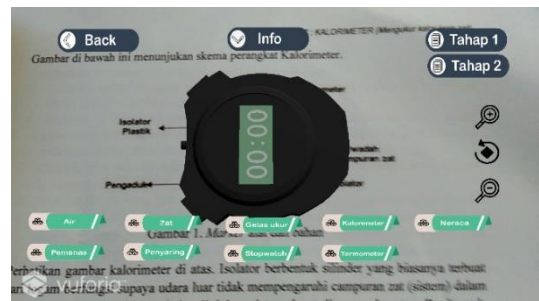
pengolahan data, tombol menu panduan, tombol menu tentang, dan tombol keluar.



Gambar 13. Tampilan Menu Utama

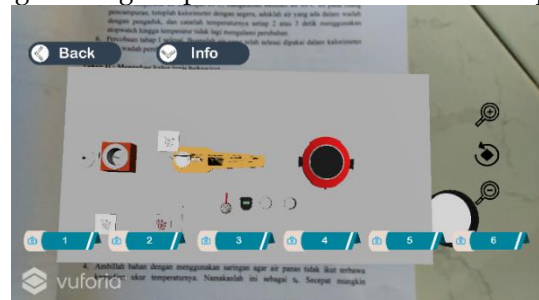
C. Tampilan Menu Mulai AR

Pada gambar 14 merupakan tampilan Mulai AR, di mana akan mengaktifkan kamera AR untuk melakukan deteksi *marker* sehingga dapat menampilkan objek 3D dan informasi alat dan bahan praktikum.



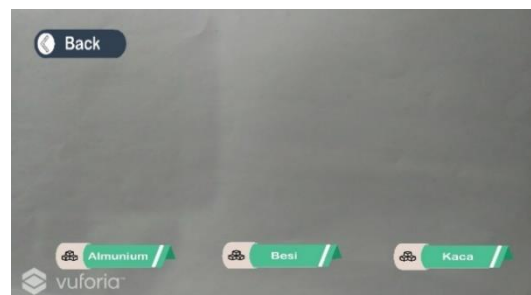
Gambar 14. Tampilan Menu Mulai AR Alat dan Bahan

Pada gambar 15 menampilkan halaman Mulai AR tahap I. Pada halaman ini untuk menampilkan langkah-langkah praktikum dan informasi tahap I.



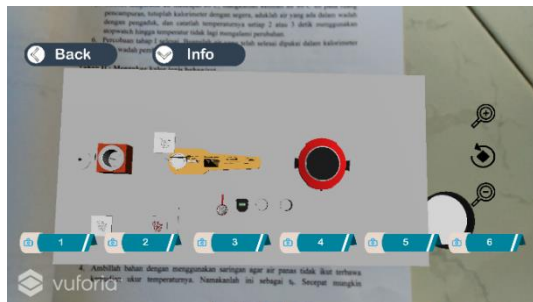
Gambar 15. Tampilan Mulai AR Tahap 1

Pada gambar 16 menampilkan halaman Mulai AR jenis bahan. Pada halaman ini untuk menampilkan pilihan jenis bahan yang akan digunakan pada praktikum tahap II.



Gambar 16. Mulai AR Jenis Bahan

Pada gambar 17 menampilkan halaman Mulai AR tahap II. Pada halaman ini untuk menampilkan langkah-langkah praktikum dan informasi tahap II.



Gambar 17. Tampilan Antarmuka Mulai AR Tahap II

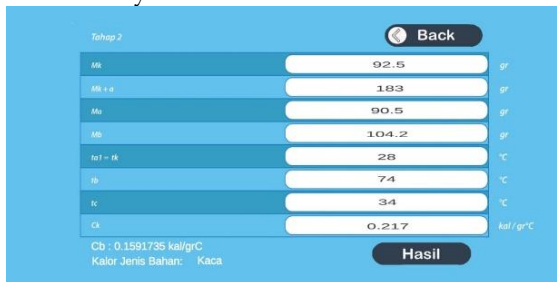
D. Tampilan Menu Pengolahan Data

Pada gambar 18 merupakan tampilan menu Pengolahan Data Praktikum tahap 1 untuk penentuan kalor jenis kalorimeter menggunakan metode fuzzy mamdani.



Gambar 18. Tampilan Pengolahan Data Tahap 1

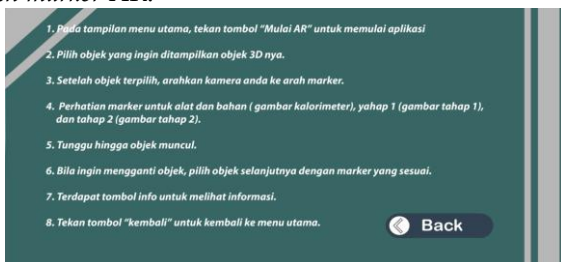
Pada gambar 19 merupakan tampilan menu Pengolahan Data Praktikum tahap II untuk penentuan kalor jenis zat menggunakan metode fuzzy mamdani.



Gambar 19. Tampilan Pengolahan Data Tahap II

E. Tampilan Menu Panduan

Pada gambar 20 tampilan menu panduan yang berisi penjelasan bagaimana caranya melakukan scan marker AR.



Gambar 20. Tampilan Menu Panduan

F. Tampilan Menu Tentang

Tampilan menu tentang yang berisi penjelasan tentang developer.



Gambar 21. Tampilan Menu Tentang

Pengujian Aplikasi

Pengujian sistem dilakukan untuk menemukan kesalahan/kekurangan pada perangkat lunak yang telah dibangun [5],[15]. Terdapat beberapa pengujian sebagai berikut:

A. Pengujian Alpha

Pada pengujian ini menggunakan metode *Black-Box* bertujuan untuk mengetahui bahwa program pada aplikasi ini menghasilkan output yang sesuai dengan rancangan. Berikut ini hasil pengujian alpha yang telah dilakukan. Tabel 5. Skor Pernyataan Responden.

Tabel 6. Skor Pernyataan Responden

Tingkat Kepuasan	Skala
SS	4
S	3
TS	2
STS	1

Tabel 7. Hasil Pengujian Alpha

No	Komponen yang Diuji	Skenario Uji	Ket
1.	Menu Utama	Tekan Tombol Mulai AR	Berhasil
		Tekan Tombol Pengolahan Data	Berhasil
		Tekan Tombol Panduan	Berhasil
		Tekan Tombol Tentang	Berhasil
		Tekan Tombol Objek Alat dan Bahan Praktikum	Berhasil
		Tekan Tombol Zoom In	Berhasil
		Tekan Tombol Zoom Out	Berhasil
		Tekan Tombol Rotasi	Berhasil
2.	Menu Mulai AR	Tekan Tombol Info	Berhasil
		Tekan Tombol Tahap 1	Berhasil
		Tekan Tombol Tahap II	Berhasil
		Tekan Tombol Back	Berhasil
		Tekan Tombol Nomor	Berhasil
		Tekan Tombol Zoom In	Berhasil
		Tekan Tombol Zoom Out	Berhasil
		Tekan Tombol Rotasi	Berhasil
3.	Halaman Tahap 1	Tekan Tombol Info	Berhasil
		Tekan Tombol Back	Berhasil
		Tekan Tombol Info	Berhasil
		Tekan Tombol Back	Berhasil

No	Komponen yang Diuji	Skenario Uji	Ket
4.	Menu Pengolahan Data	Menginputkan Data dan	Berhasil
		Menekan Tombol Hasil Tahap 1	Berhasil
		Menekan Tombol Tanda Panah	Berhasil
		Menekan Tombol <i>Back</i>	Berhasil

Berdasarkan pada tabel 7, didapat kesimpulan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan baik, di mana fungsi dan fitur pada setiap menu maupun objek dapat berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan.

B. Pengujian Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan perhitungan aplikasi dan perhitungan manual menggunakan kalkulator bertujuan untuk melihat hasil perhitungan pada aplikasi apakah terdapat kesalahan atau sudah tepat. Pada pengujian ini akan menguji kebenaran perhitungan terhadap hasil output kalor jenis. Pada pengujian ini dilakukan dengan menghitung nilai C_b untuk menentukan kalor jenis kalorimeter. Diketahui parameter sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 m_k &= 92,5 \text{ gram} \\
 m_{k+a} &= 183 \text{ gram} \\
 m_a &= 90,5 \text{ gram} \\
 m_b &= 104,2 \text{ gram} \\
 c_a &= 1 \text{ kal/gr}^\circ\text{C} \\
 c_k &= 0,217 \text{ kal/gr}^\circ\text{C} \\
 t_{a1}=t_k &= 28^\circ\text{C} \\
 t_b &= 74^\circ\text{C} \\
 t_c &= 34^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah hasil pengujian akurasi:

Tabel 8. Pengujian Akurasi

Perhitungan Dengan	C_b	Kalor Jenis Zat
Aplikasi	0,1591735 kal/gr ^o C	Kaca
Kalkulator	0,159173 kal/gr ^o C	Kaca

Dapat dilihat pada tabel 8 terdapat perbedaan pada hasil C_b yang dihitung menggunakan aplikasi dengan kalkulator sebagai alat bantu hitung yang memiliki nilai error 0,0000005. Hal ini dikarenakan pada kalkulator terdapat pembulatan bilangan.

C. Pengujian Beta

Kuesioner ini terdiri dari 8 (delapan) pertanyaan dan diisi oleh 20 responden yaitu praktikan yang telah mengambil mata kuliah fisika dasar. Sebanyak 70% responden berumur dibawah 22 tahun, dan 30% atas 21 tahun serta 90% berjenis kelamin laki-laki, dan 10% adalah perempuan.

Tabel 9. Hasil Pengujian Beta

No	Pertanyaan	Jawaban Responden	(Y)	Hasil
1.	Mengetahui tentang <i>Augmented Reality</i> ?	SS	82,5%	SS
		S		
		TS		
2.	Mengetahui tentang aplikasi <i>Augmented Reality</i> untuk pembelajaran Aplikasi	SS	82,5%	SS
		S		
		TS		
3.	Kalorimeter AR ini dapat mempermudah praktikan dalam memahami praktikum kalorimeter Aplikasi	SS	76,25%	SS
		S		
		TS		
4.	Kalorimeter AR ini dapat menjadi media pembelajaran untuk para praktikan	SS	83,75%	SS
		S		
		TS		
5.	Aplikasi yang dibuat sesuai dengan kebutuhan	SS	75%	SS
		S		
		TS		
6.	Tampilan aplikasi menarik	SS	61,25%	S
		S		
		TS		
7.	Aplikasi ini mudah digunakan	SS	72,25%	S
		S		
		TS		
8.	Dengan adanya fitur Pengolahan data mempermudah praktikan dalam mengolah data praktikum	SS	80%	SS
		S		
		TS		

Berdasarkan pada tabel 9, hasil pengujian Beta menunjukkan bahwa dalam penggunaan aplikasi Kalorimeter AR dapat mempermudah praktikan untuk memahami suatu materi kalorimeter dengan skor indeks 76,25% dengan kategori indeks skor "Sangat (Setuju, Baik, Suka)". Kemudian, mempermudah praktikan dalam mengolah data praktikum dengan skor indeks 80% dengan kategori indeks skor "Sangat (Setuju, Baik, Suka)".

Pengujian Marker

Pengujian aplikasi *Augmented Reality* ini menggunakan beberapa parameter. Parameter tersebut adalah, intensitas cahaya, jarak penempatan *marker*, batas kemiringan, dan luas permukaan.

A. Intensitas Cahaya

Pengujian ini dilakukan di dalam ruangan dan luar ruangan menggunakan aplikasi light meter untuk mengukur cahaya, didapat hasil bahwa intensitas cahaya cerah akan lebih cepat terdeteksi dari pada intensitas cahaya yang rendah/redup.

B. Jarak Penempatan Marker

Dalam hal ini pengujian dilakukan pada jarak 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm dari kamera, didapat hasil bahwa pendeteksian marker dapat bekerja ketika jarak kamera dengan marker berada pada rentang jarak 10 cm – 70 cm dengan intensitas cahaya 52 – 9786 lux.

C. Pengujian Marker Batas Kemiringan

Pada pengujian ini menggunakan sudut 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , dan jarak kamera terhadap marker sejauh 20 cm, didapat hasil bahwa toleransi kemiringan pembacaan marker hanya berkisar pada 0° hingga 60°

D. Pengujian Marker Luas Permukaan

Dalam pengujian ini area image target dihalangi dengan persentase 25%, 50%, dan 75% dengan jarak kamera ke marker sejauh 20 cm. Disimpulkan bahwa marker yang tertutupi lebih dari 50% tidak dapat menampilkan objek 3D di atas marker.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dari Aplikasi Teknologi *Augmented Reality* Untuk Tutorial Praktikum Kalorimeter Dan Penentuan Kalor Jenis Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani yang telah dirancang, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi ini berhasil mengolah data praktikum untuk melakukan penentuan kalor jenis menggunakan metode fuzzy Mamdani, dan aplikasi dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini ditunjukkan dengan persentase 76,25 % dari hasil kuesioner kepada pengguna aplikasi dan 80% mempermudah praktikan dalam pemrosesan data praktikum. Dalam penerapan metode fuzzy mamdani pada penentuan kalor jenis mempunyai tingkat error sebesar 0,0000005. Kemudian pencahayaan yang baik dapat membantu kamera untuk menemukan titik tepi yang telah diregistrasikan pada database Vuforia dengan objek jarak pendeteksian berada pada jarak 10 cm 70 cm di antara sudut 0° sampai dengan 60° dengan 50% marker yang tidak terhalang sehingga dapat memunculkan objek 3D.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurkholis, "Pendidikan Dalam Upaya Memajukan Teknologi," *J. Kependidikan*, vol. 1, no. 1, pp. 24–44, 2013.
- [2] Y. Suryaningsih, "Pembelajaran Berbasis Praktikum Sebagai Sarana Siswa Untuk Berlatih Menerapkan Keterampilan Proses Sains Dalam Materi Biologi," *J. Bio Educ.*, vol. 2, no. 2, pp. 49–57, 2017.
- [3] M. Ishaq, *Fisika Dasar*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007.
- [4] R. A. Ahmadi, J. Adler, and S. L. Ginting, "Teknologi Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran Gerakan Shalat," *Pros. Semin. Nas. Komput. dan Inform.*, pp. 179–186, 2017.
- [5] F. Zuli, "Rancang Bangun Augmented Dan Virtual Reality Menggunakan Algoritma Fast Sebagai Media Informasi 3D Di Universitas Satya Negara Indonesia," *J. Algoritm. Log. dan Komputasi*, vol. 1, no. 2, pp. 94–104, 2018, doi: 10.30813/j-alu.v1i2.1373.
- [6] S. L. B. Ginting and F. Sofyan, "Aplikasi Pengenalan Alat Musik Tradisional Indonesia Menggunakan Metode Based Marker Augmented Reality Berbasis Android," *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 15, no. 2, pp. 139–154, 2017, doi: 10.1021/ja00532a011.
- [7] B. Arifitama, *Panduan Mudah Membuah Augmented Reality*. Jakarta: ANDI, 2017.
- [8] A. Katiyar, K. Kalra, and C. Garg, "Marker Based Augmented Reality," *Adv. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 5, pp. 441–445, 2015.
- [9] S. Supatmi, R. Hou, and I. D. Sumitra, "Study of Hybrid Neurofuzzy Inference System for Forecasting Flood Event Vulnerability in Indonesia," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/6203510.
- [10] H. P. S Kusumadewi, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [11] S. Setiawardhana, S. Wasista, and A. Y. Ardiansyah, "Aplikasi Augmented Reality Untuk Pengenalan Perangkat Jaringan Komputer Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Interaktif," *Link*, vol. 24, no. 1, pp. 28–35, 2016, doi: 10.31090/link.v24i1.10.
- [12] I. D. Sumitra and S. Supatmi, "Mamdani Fuzzy Inference System using Three Parameters for Flood Disaster Forecasting in Bandung region," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 662, no. 4, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/662/4/042008.

- [13] F. Zulham Adami and C. Budihartanti, "Penerapan Teknologi Augmented Reality Pada Media Pembelajaran Sistem Pencernaan Berbasis Android," *Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. 11, no. 1, pp. 122-131, 2016.
- [14] A. Wiharto and C. Budihartanti, "Aplikasi Mobile Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Pengenalan Hardware Komputer Berbasis Android," *J. PROSISKO*, vol. 4, no. 2, pp. 17-24, 2017.
- [15] E. Rusnandi, H. Sujadi, and E. Fibriyany Noer Fauzyah, "Implementasi Augmented Reality (AR) pada Pengembangan Media Pembelajaran Pemodelan Bangun Ruang 3D untuk Siswa Sekolah Dasar," *Infotech J.*, vol. 1, no. 2, pp. 24-31, 2015.