

Implementasi dan Analisis Immersive Web Berbasis WebGL untuk Anak Belajar Mengenal Objek Dengan Tensorflow JS

Muhammad Aminuddin Rusydi¹, I Made Suartana²

^{1,3}Jurusan Teknik Informatika/Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

¹muhammad.20056@mhs.unesa.ac.id

³madesuartana@unesa.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mendorong inovasi dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Meskipun web browser telah lama digunakan sebagai media edukasi, pendekatan tradisional yang dominan berupa teks seringkali kurang efektif, terutama dalam mendukung pembelajaran anak usia dini yang memerlukan stimulasi aksi dan motorik. Untuk menjawab tantangan ini perlu adanya pengkajian lebih lanjut sebagai alternatif dari media edukasi pendekatan tradisional. Pengembangan sistem edukasi berbasis web yang immersive memungkinkan untuk menjadi jawaban alternatif kebutuhan media edukasi dengan pendekatan tradisional hal ini mampu diwujudkan melalui teknologi visualisasi dan interaksi. Salah satu teknologi yang mendukung hal tersebut adalah teknologi visualisasi 3D dengan React Three Fiber, sementara interaksi berbasis pendeteksian objek dapat dicapai menggunakan machine learning dengan TensorFlow JS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem edukasi berbasis web yang dikembangkan berhasil menciptakan pengalaman immersive yang stabil pada berbagai perangkat. Pengujian kinerja rata-rata dilakukan pada perangkat laptop yang mendukung GPU dan smartphone tanpa GPU, dengan waktu respons rata-rata sebesar 8.000ms. Sistem ini mampu mendeteksi objek dan menjalankan aplikasi dengan baik, baik pada perangkat yang menggunakan GPU maupun CPU. ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan pengalaman interaktif yang stabil dan efektif, sesuai dengan tujuan awal penelitian.

Kata Kunci— Media Edukasi, Performa Website, Machine Learning, Immersive web, React Three Fiber, TensorFlowJs

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, perkembangan teknologi informasi telah tumbuh begitu pesat. Banyak inovasi yang telah dirancang dan diwujudkan untuk secara optimal sebagai sarana memberikan kemudahan dalam penyebaran sebuah informasi. Bentuk perwujudan inovasi teknologi informasi yang secara mudah dapat dirasakan saat ini salah satunya adalah dengan terlahirlah teknologi web browser. Tujuan dari sebuah web browser adalah untuk mendapatkan informasi konten baik berupa teks, audio, atau video informasi dalam bentuk website atau penyimpanan lokal dan menampilkan pada komputer pengguna [1]. Terlepas dari manfaat kemudahan dari adanya teknologi informasi web browser, website sebagai penjemputan antara pengguna dan

segala konten belum dapat dikatakan termanfaatkan secara optimal, salah satunya yaitu penggunaan website sebagai sarana edukasi pendidikan, terkhusus pendidikan untuk anak usia dini. Penggunaan website sebagai sarana edukasi dan umum sebagian besar didominasi dengan pendekatan penyampaian secara tradisional berupa teks dan dengan informasi yang kaku. Sedangkan anak merupakan pembelajar aktif, mereka akan lebih cepat belajar pada saat memperoleh rangsangan-rangsangan fisik, motorik, kognitif, sosial, dan emosi [2]. Penelitian oleh Wahyuni [3] memaparkan bahwa website yang kaku dan pasif akan menurunkan minat dan menimbulkan rasa bosan pengguna dalam memahami informasi yang disampaikan, namun sebaliknya, website yang sesuai, didesain secara menarik dan tidak kaku, akan memicu ambisi dan tekad hasil belajar peserta didik semakin meningkat. Dengan menunjukkan bahwa media seperti pembelajaran 3D berbasis teknologi membantu efektivitas pembelajaran, integrasi media 3D dengan video animasi proses dan fitur tambahan seperti teks, audio, dapat menjadi alternatif yang memperjelas materi yang sulit disampaikan secara konvensional [4].

Sejalan dengan itu, terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mencoba pendekatan berbeda dalam menyajikan informasi media belajar. WebGL sebagai teknologi yang memungkinkan menciptakan virtual grafik 3D dalam sebuah browser tanpa menginstal software tambahan memungkinkan akses luas dengan perangkat berbeda serta memungkinkan menciptakan visual grafik dalam web berjalan lancar pada perangkat dengan spesifikasi lebih rendah [5]. Hasil pengujian lain dari pemanfaatan WebGL dalam media pembelajaran interaktif budaya Melayu Riau menunjukkan bahwa keseluruhan fungsional sistem berfungsi dengan baik, sebagai media pembelajaran pengenalan objek dan dapat diterima oleh tujuh responden dengan tingkat kepuasan sebesar 87,6% melalui User Acceptance Test [6].

Lebih lanjut, agar dihasilkan sebuah media belajar yang merangsang fisik, motorik dalam bentuk aksi aktif sebagai solusi keterbatasan interaksi dengan dunia sekitarnya, salah satu teknologi yang dapat dikembangkan adalah computer vision. Salah satu penggunaan computer vision adalah pendeteksi objek yang memberikan solusi untuk membantu mengenali objek. Pada penelitian, sistem pengenalan objek benda di dalam lingkungan sekitar rumah diaplikasikan untuk membantu anak usia dini mengenali benda disekitarnya dan meningkatkan kemampuan bahasa ekspresif anak [7]. Selain itu, penggunaan machine learning dalam website akan berperan

real-time, dapat digunakan sebagai peran guru dalam proses pengenalan objek yang memastikan kebenaran sebagai respon jawaban yang diberikan. Seiring waktu, teknologi meleburkan batas-batas tradisional, menghadirkan pengalaman yang sebelumnya tidak dapat diakses melalui penggabungan antara realitas dan virtualitas hingga terbentuk sebuah pengalaman immersive [8]. Kecerdasan buatan dan teknologi immersive menjadi bidang penciptaan lingkungan belajar yang dinamis dan produktif dengan teknologi, sehingga pendidik dapat meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan, mendorong kecintaan terhadap pembelajaran, namun perlu memperhatikan untuk pengaplikasian [9].

Dengan itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana kemampuan sebuah teknologi informasi website dalam mengimplementasi teknologi yang memanfaatkan pengolahan grafik visual 3D berbasis WebGL dipadukan dengan pembelajaran mesin untuk memberikan dan menciptakan kesan immersive. Perpaduan ini bertujuan untuk mencapai media pembelajaran yang menarik dan juga interaktif, sehingga diharapkan dapat menghasilkan media edukasi pembelajaran yang interaktif dan menyenangkan untuk anak usia dini, serta menjadi referensi implementasi atau pengembangan berdasarkan teknologi serupa.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini memiliki beberapa tahap. Adapun tahapan untuk mengimplementasikan immersive web menjadi media edukasi berbasis web yang bertujuan untuk menganalisis performa dan response time saat merender atau menjalankan halaman website yaitu tersebut yaitu identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, implementasi sistem, pengujian sistem, dan kesimpulan hasil. berikut diagram alur proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gbr. 1 Alur Penelitian

A. Identifikasi Masalah

Tahapan awal untuk melakukan penelitian ini adalah identifikasi masalah atau mendapatkan kumpulan informasi

yang memungkinkan menjadi tantangan penelitian dimulai dari kebutuhan dan keterbatasan media implementasi. Dalam penelitian ini adalah mengenai penerapan visual 3D beserta object detection oleh peramban web, Dimana peneliti akan mencoba skenario implementasi dengan mengintegrasikan menjadi sistem website yang bertujuan untuk membentuk kesan immersive serta interaktif berkaitan dengan pengenalan objek kepada pengguna, dalam penelitian ini yaitu anak usia dini.

B. Studi Literatur

Dalam tahapan studi literatur, penelitian ini mengumpulkan dan mempelajari konsep serta referensi yang berkaitan bagaimana rancangan sebagai jawaban akan masalah dan kebutuhan seperti tampilan yang menarik dari visual 3D serta object detection beserta alat untuk melakukan uji analisis. Literatur yang sudah dipelajari diharap dapat bermanfaat. proses penelitian selanjutnya. adapun pustaka studi literatur berkaitan yang dipelajari dalam pelaksanaan penelitian ini.

C. Analisis Kebutuhan

1) Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional

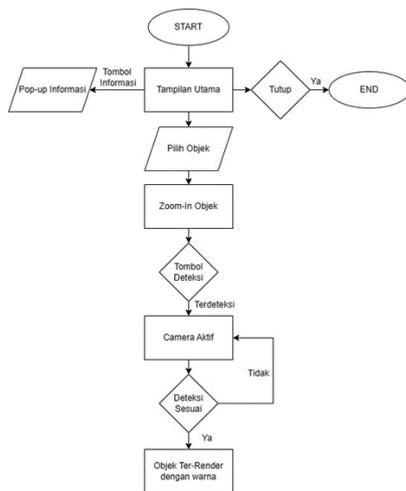
TABEL I
KEBUTUHAN FUNGSIONAL DAN NON-FUNGSIONAL

No	Kebutuhan Fungsional	Kebutuhan Non-Fungsional
1	Sistem dapat mendeteksi hasil dan mengatur info objek.	Sistem dapat menampilkan user interface yang menarik.
2	Sistem mampu melakukan pendeteksi objek di dunia nyata.	Menampilkan teks dari objek yang terdeteksi.
3	Sistem dapat menampilkan visual 3D dari objek yang terdeteksi.	Tidak adanya bug pada system.

D. Perancangan Sistem

Sistem yang dibangun pada pengimplementasi dan analisis immersive web, merupakan sistem aplikasi, sehingga untuk membangun sistem ini dibutuhkan sistem program yang terstruktur dan dapat digambarkan. Maka dari itu penggunaan Flowchart dan UML akan digunakan untuk mendeskripsikan susunan dan gambaran implementasi

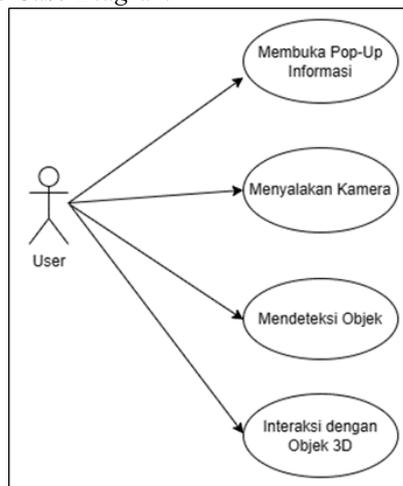
1) FlowChart



Gbr. 2 Alur FlowChart Sistem

Pada Gambar 2 menjelaskan alur program atau flowchart dari pengembangan . Saat aplikasi dibuka maka pengguna atau user akan diarahkan pada tampilan halaman utama aplikasi. Pada halaman ini pengguna mendapatkan tampilan awal aplikasi.

2) Use Case Diagram

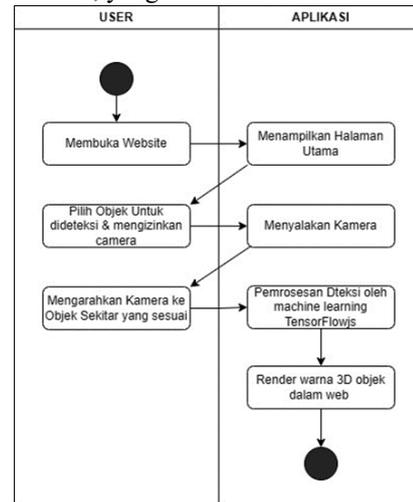


Gbr. 3 UseCase Diagram Sistem

Pada Gambar 3 menjelaskan Use Case diagram atau diagram kasus pengguna merupakan sebuah diagram yang digunakan untuk menjelaskan tentang Pembangunan sistem immersive web dan yang berinteraksi, symbol-simbol yang digunakan adalah User, Proses, dan Relasi Aktor atau user dari aplikasi adalah Pengguna. Pengguna dapat melakukan berbagai macam interaksi dengan aplikasi seperti menampilkan Pop-up informasi, menyalakan kamera, menampilkan objek, memperbesar atau memperkecil objek.

3) Activiti Diagram

Pada gambar 4 Diagram activity menggambarkan interaksi antara pengguna dan aplikasi berbasis web yang menggunakan kamera untuk mendeteksi objek dan menampilkan hasilnya dalam bentuk render 3D. Proses dimulai ketika pengguna membuka situs web, yang kemudian memuat halaman utama.



Gbr. 4 Activity Diagram Sistem

E. Implementasi Sistem

Implementasi sistem ini akan melibatkan integrasi teknologi machine learning tensorflow js untuk deteksi objek dan konten 3D yang diwujudkan menggunakan library react three fiber dalam pengembangan media pembelajaran berbasis web. Tujuan utamanya adalah menciptakan lingkungan pembelajaran yang interaktif dan menarik bagi anak usia dini untuk mengenal objek sekitar mereka dengan lebih efektif. Proses implementasi akan menggabungkan komponen teknologi dan memastikan bahwa sistem dapat berjalan dengan lancar dan responsif di berbagai platform dan perangkat. Tahap implementasi sistem ini akan sepenuhnya menggunakan metode client-side rendering karena metode ini lebih efektif untuk membangun website yang banyak interaksi pengguna, terutama untuk website yang bersifat immersive dan membutuhkan interaksi yang mendalam. Untuk itu, salah satu tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengukur kecepatan pada saat merender halaman.

F. Pengujian Sistem

Dalam penelitian ini pengujian menggunakan blackbox testing dengan berfokus pada analisis besar kecepatan komputasi yang dihasilkan pendeteksi beserta penggunaan website. Pengujian besar komputasi dilakukan dengan benchmark besar komputasi GPU atau CPU terhadap dihasilkan, menggunakan library khusus untuk menghitung besar komputasi dari *react-three-fiber* dalam memanfaatkan API WebGL yaitu *r3f-pref*. Menganalisis performa terhadap besar FPS dalam periode tertentu yang didapat pada peramban web terhadap resource yang digunakan serta memastikan bahwa halaman website dapat menjalankan kebutuhan fungsionalitas dan non-

fungsional secara baik pada sisi client web di berbagai device berbeda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

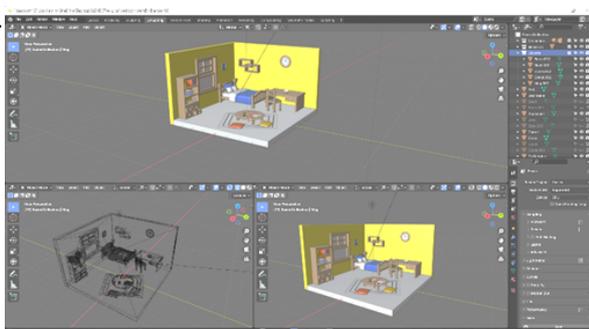
Bab ini menjelaskan tentang proses implementasi dan hasil analisis dari Implementasi Web Berbasis WebGIS dengan TensorFlow JS untuk Anak Belajar Mengenal Objek berbasis Web yang telah dirancang menciptakan sistem immersive web hingga pembahasan mengenai berbagai analisis uji sistem yang termonitor untuk performa menggunakan r3f-perf dan skenario uji lain yang dilakukan terhadap system.

A. Implementasi Penelitian

Implementasi penelitian ini merupakan tahap bagaimana untuk mengembangkan penerapan Immersive Web Berbasis WebGL dengan TensorFlow JS meliputi pembuatan tampilan, pembuatan source code, konfigurasi kamera dan logika pengolahan citra digital untuk mendeteksi objek penerapan untuk objek 3D.

1) Pembuatan Tampilan Interface

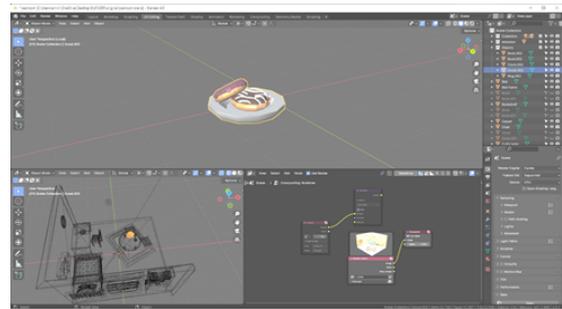
Pada Tahap Pembuatan tampilan aplikasi ini dilakukan membuat scene objek atau *virtual environment* untuk memperkenalkan objek di lingkungan terdekat yang telah disesuaikan dengan hasil studi literatur dimana daya tangkap anak usia dini terhadap hal terdekat yang cenderung lebih cepat untuk itu yang akan menjadi latar belakang dari objek yang dideteksi untuk menciptakan kesan immersive web, dimana scene sendiri dapat berisi Berbagai macam objek untuk pengguna berinteraksi di dalamnya dan dapat di navigasi menuju objek lainnya. Tahapan pembuatan menggunakan bantuan aplikasi Blender 3D.



Gbr. 5 Pembuatan Scene Virtual

2) Pembuatan Objek Target

Pada tahap pembuatan Objek Target yang nantinya menjadi objek yang harus dicari kesesuaian objek tersebut di dunia nyata tidak jauh berbeda dengan pembuatan scene sebagai bentuk interaksi immersive web antara dunia virtual dengan dunia nyata. Pada tahap pembuatan penulis menggunakan aplikasi Blender 3D dengan membuat model dan texture untuk menjadi hint sekaligus hasil pencapaian dari pendeteksian objek di dunia nyata



Gbr. 6 Pembuatan Objek Deteksi

Objek – Objek yang dibentuk disesuaikan dengan kemungkinan letak objek-objek tersebut dengan scene yang cocok agar dapat menjadi sarana mengenal objek di lingkungan sekitar dengan tepat, selain itu objek yang menjadi target dalam scene di sesuaikan jumlah terhadap target pengguna yaitu anak usia dini, dengan tidak terlalu banyak objek dalam scene atau lingkungan virtual. Implementasi dari objek hasil modeling menggunakan aplikasi blender selanjutnya di implementasikan ke dalam website menggunakan component library react three fiber.

```
<Center position={[0,2,0]} rotation={[ 0,-  
Math.PI/1.33, 0]} >  
<group>  
  { /* OBJECT */  
    <mesh geometry={obj.nodes.Book.geometry }  
      position={ obj.nodes.Book.position }  
      onClick={()=>chooseObject(obj.nodes.Book)}  
      onPointerOver={()=>setIsHover(true)}  
      onPointerOut={()=>setIsHover(false)}>  
  
    { completedList[obj.nodes.Book.name]?<meshBasicMa  
      terial map={ objectTexture }  
    /> :<meshBasicMaterial map={ shadowTexture } />  
  }  
</mesh>  
</group>  
{(!pendingState & isStart) ? <Objects/>:''}  
</Center>
```

Gbr. 7 Source Code Implementasi Objek Virtual

3) Pembuatan Sistem Pendeteksi Objek

Implementasi media edukasi anak usia dini dalam media edukasi merangsang fisik, motorik dalam bentuk aksi aktif. Peneliti memanfaatkan pembelajaran mesin atau *Machine learning*. Pendeteksian Objek dibuat dengan memanfaatkan data-set COCO-SSD dan *machine learning* yang telah terlatih (Pre-Train model) oleh tensorflow.js. Proses pendeteksian objek dengan meneruskan hasil capture gambar oleh webCam kedalam argumen argumen yang diminta dan mengatur logika hasil yang dibutuhkan.

```
import * as cocoModel from '@tensorflow-  
models/coco-ssd'  
import * as tf from '@tensorflow/tfjs'
```

```
import { useEffect,useState,useRef,useCallback}
from 'react'
import useCameraStore from
"../Utils/useCameraStore";

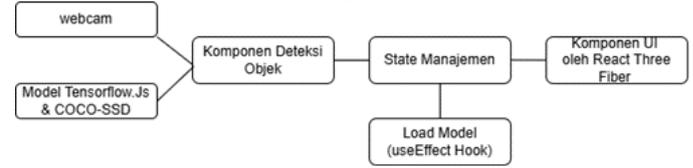
export default function ObjectDetection() {
// fetch data from stage management
const pendingState =
useCameraStore(state=>state.pendingState)
const setPendingState =
useCameraStore(state=>state.setPendingState)
const setDResultState =
useCameraStore(state=>state.setDResultState)
const SMALL_SCREEN_THRESHOLD = 900;
const [data,setData] = useState()
// detection obj
async function loadModel (){
try{
const dataSet = await cocoModel.load()
.then(dataSet=>setData(dataSet))
setData(dataSet)
}catch(err){
console.log(err)
}}
// set Machine learning tensorflow from package
useEffect(()=>{
tf.ready().then(()=>{loadModel()})
},[])
// camera configuration
const videoConstraints = {
width: 520,
height: 360,
facingMode: "user";
const smallVideoConstraints = {
width: 520,
height: 360,
facingMode: { exact: "environment" }};

const webcamRef = useRef(null);
const capture = useCallback(
async () => {
// error handler message
if (!data) {
console.log('Model not loaded yet');
return;}
// webcamRef.current.getScreenshot();
await data.detect(document.getElementById('cam'))
.then(e=>{const word = e[0]?.class
const objName = word?.charAt(0).toUpperCase() +
word?.slice(1)
console.log(objName);
setDResultState(objName);
})), [data,webcamRef]);

const closeHandler = () =>{
setPendingState(false)
}
```

Gbr. 8 Source Code Komponen Pendeteksi Objek

4) Integrasi Objek Model dengan Hasil Deteksi



Gbr. 9 Activity Diagram Sistem

Untuk mewujudkan implementasi pengalaman yang immersive dengan mendapatkan interaksi dunia nyata dengan dunia virtual menciptakan immersive web. Menurunkan hasil proses pada component deteksi objek yang memanfaatkan *pre-trained model machine learning* Tensorflow Js dengan implementasi objek virtual dengan React Three Fiber, pada proses integrasi menggunakan state management

```
import create from react

const useCameraStore=create((set)=>({
  completedList:{},
  aspectRatio:{
    width: window.innerWidth,
    height: window.innerHeight,
  },
  setIsStart:(e)=>set(()=>({isStart:e})),
  setPendingState:(e)=>set(()=>({pendingState:e})),
  setPerspective:(e)=>set((state)=>{
    if(e==='Default'){
      return {
        ...state,
        cameraState:e,
        cameraConfig:{
          ...state.cameraConfig,
          smoothTime: 0.4,
        },
      }
    }
    if(e==='Donut'){
      return {...state,
        cameraState:e,}}
    if(e==='Clock'){
      return {
        ...state,
        cameraState:e, }},
    setDResultState:(e)=>set((state)=>{
      if (e !== state.cameraState) {
        wrongAudio.play()
        return {...state};}
      // Jika properti sudah ada dalam
      completedList, abaikan perubahan
      if
      (state.completedList[state.cameraState]) {
        return {...state};
      };
    }
  })
})
export default useCameraStore
```

Gbr. 10 Source Code Integrasi Antar komponen

5) Hasil Implementasi



Gbr. 11 Splash Screen Website

Gambar 11 merupakan tampilan splash yang merupakan aksi telah dijelaskan dalam use Case diagram tampilan saat membuka website pada web browser

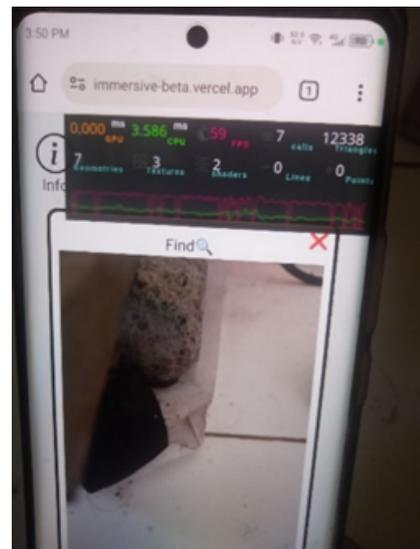


Gbr. 12 Pop-up Informasi Website

Gambar 12 adalah tampilan pop-up Ketika menekan tombol informasi pada sisi kiri atas tampilan utama



Gbr. 13 Tampilan Website



Gbr. 14 Tampilan Deteksi Objek

Gambar 13 adalah tampilan Kamera Ketika dioperasikan untuk mendeteksi Dari beberapa tampilan objek virtual yang terpilih. Gambar 14 adalah tampilan kamera Ketika melakukan proses deteksi ojek. Dari tahap pembuatan dan hasil dapat disimpulkan immersive web berhasil diterapkan pada platform peramban web.

B. Pengujian

Setelah dilakukan beberapa tahap implementasi hingga menghasilkan aplikasi di tahap ini menganalisis dengan melakukan uji coba aplikasi, pengujian dilakukan untuk menganalisis performance yang diperoleh dari aplikasi dengan tujuan agar bisa mendapatkan data optimal diakses (*accessibility*), serta tentu pengujian ini terfokus menjawab pada tujuan dan rumusan masalah apakah sudah sesuai dengan batasan dan hasil akhir penelitian. Berikut beberapa tahap pengujian yang dilakukan :

1) Uji Immersive Web

Uji aplikasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi hasil implementasi untuk device desktop maupun smartphone dengan berbagai type Mampu untuk menunjukkan hasil pengukuran performa yang cukup stabil, atau seberapa besar untuk beban maksimal yang dihasilkan. Analisis pengujian ini diperlukan karena dalam menjalankan pengalaman web yang immersive menggunakan teknologi WebGL, aplikasi harus mampu menjaga performa yang stabil dan responsif. Teknologi WebGL memungkinkan rendering grafis yang kompleks secara real-time di dalam browser, sehingga diperlukan pengujian untuk memastikan bahwa aplikasi dapat mengelola dan memproses gambar secara konsisten dan tanpa lag selama penggunaan yang berkelanjutan. Dengan dapat mengetahui mengurangi performa karena adanya anomali atau outlier yang dapat mempengaruhi hasil secara signifikan. untuk memastikan

hasil yang diperoleh teranalisis dengan baik. Melakukan pengujian sebanyak 4 kali untuk mengukur performa, kestabilan, atau beban maksimal menggunakan library r3f-perf. Library yang dikhususkan untuk melakukan monitor terhadap penerapan penggunaan teknologi WebGL



Gbr. 15 Monitor Performa Website

Pengujian atau benchmarking dilakukan sebanyak 4 kali dengan menganalisis penggunaan aplikasi pada 4 waktu uji berbeda yaitu pada 1, 3, 5 dan 10 menit waktu pengujian terhadap waktu yang dikomputasi oleh CPU dan GPU peramban website yang digunakan..

Rumus :

$$\text{Rata - rata}(\bar{X}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Keterangan :

n : Jumlah total data dalam kumpulan data.

x : rata-rata nilai selama periode waktu

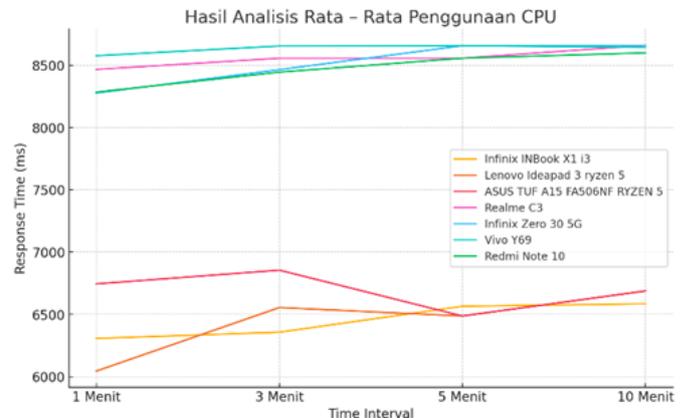
x_i : nilai pada pengukuran ke - i

Menggunakan rumus perhitungan rata-rata Dimana perhitungan didapat besar nilai selama periode waktu terhadap periode waktu dalam *second* atau detik. Dalam konteks pengujian tipe CPU, pengukuran dilakukan berdasarkan waktu rendering yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas atau operasi tertentu. Waktu rendering ini diukur dengan menggunakan satuan *millisecond* (ms). Semakin kecil nilai waktu rendering, semakin baik performa CPU dalam menyelesaikan tugas dengan cepat. Berikut waktu rendering CPU untuk immersive web. Hasil analisis menjalankan aplikasi dengan berinteraksi dengan objek deteksi terhadap objek konten untuk mendapatkan kesan immersive web bagi pengguna :

TABEL II
PERBUAHAN FUNGSIONAL DAN NON FUNGSIONAL

No	Nama	Kategori	1 Menit	3 Menit	5 Menit	10 Menit
1	Infinix INBook X1 i3	Laptop	6.307ms	6.357ms	6.565ms	6.585ms
2	Lenovo Ideapad 3 Ryzen 5	Laptop	6.045ms	6.655ms	6.487ms	6.688ms
3	Asus TUF A15 FA506NF RYZEN 5	Laptop	6.745ms	6.855ms	6.487ms	6.688ms
4	Realme C3	Smartphone	8.467ms	8.557ms	8.657ms	8.660ms
5	Infinix Zero 30 5G	Smartphone	8.277ms	8.465ms	8.657ms	8.660ms
6	Vivo Y69	Smartphone	8.577ms	8.655ms	8.657ms	8.645ms
7	Redmi Note 10	Smartphone	8.285ms	8.445ms	8.557ms	8.600ms

.Berdasarkan gambar penggunaan CPU pada berbagai perangkat dalam periode 1 menit, 3 menit, 5 menit, dan 10 menit, didapat kesimpulan yaitu konsistensi, stabilitas, dan efisiensi. Perangkat kategori laptop seperti Infinix X1 i3, ASUS TUF A15 FA506NF RYZEN 5, dan Lenovo Ideapad 3 Ryzen 5 menunjukkan konsistensi dan stabilitas yang baik dalam penggunaan CPU dengan variasi nilai yang kecil di seluruh periode pengujian. Namun, perangkat smartphone Realme C3, Infinix Zero 30 5G, Vivo Y69, dan Redmi Note 10 menunjukkan penggunaan CPU yang konsisten tinggi, sekitar atau melebihi 8.000 ms, yang menunjukkan efisiensi yang kurang dibandingkan perangkat lain. Secara keseluruhan, meskipun beberapa perangkat menunjukkan performa yang stabil dan konsisten, efisiensi dari perangkat-perangkat yang berada di sekitar 8.000 ms.



Gbr. 16 Grafik Rata-Rata CPU Website

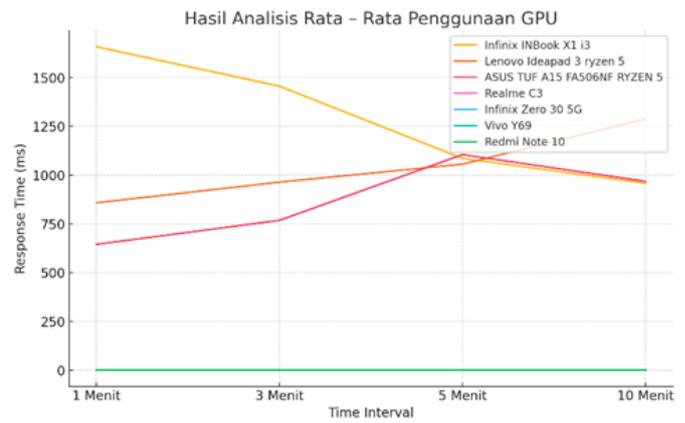
selain itu dilakukan uji performa peramban web dengan menganalisis penggunaan GPU bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi dan kemampuan peramban dalam menangani beban kerja grafis seperti rendering grafis halaman web yang kompleks. Penggunaan GPU yang baik ditandai oleh nilai yang menunjukkan efisiensi dalam memproses tugas-tugas grafis secara real-time. Idealnya, nilai penggunaan GPU yang konsisten dan relatif tinggi menunjukkan bahwa GPU

digunakan secara optimal untuk offload beban kerja dari CPU, sehingga meningkatkan responsivitas dan kinerja keseluruhan peramban. Sebaliknya, nilai penggunaan GPU yang rendah atau fluktuatif bisa mengindikasikan bahwa GPU tidak dimanfaatkan secara efektif, yang dapat menyebabkan kinerja grafis yang kurang optimal dan pengalaman pengguna yang buruk. Oleh karena itu, dalam konteks pengujian performa peramban web, nilai tinggi yang stabil pada penggunaan GPU biasanya dianggap sebagai indikator performa yang baik. Hasil analisis hasil Uji performa peramban web dengan menganalisis penggunaan GPU dengan objek deteksi terhadap objek konten untuk mendapatkan kesan immersive web bagi pengguna :

TABEL III
KEBUTUHAN FUNGSIONAL DAN NON-FUNGSIONAL

No	Nama	Kategori	1 Menit	3 Menit	5 Menit	10 Menit
1	Infinix INBook X1 i3	Laptop	1.658ms	1.456ms	1.086ms	0.958ms
2	Lenovo Ideapad 3 Ryzen 5	Laptop	0.858ms	0.964ms	1.056ms	1.288ms
3	Asus TUF A15 FA506NF RYZEN 5	Laptop	0.645ms	0.768ms	1.105ms	0.968ms
4	Realme C3	Smartphone	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms
5	Infinix Zero 30 5G	Smartphone	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms
6	Vivo Y69	Smartphone	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms
7	Redmi Note 10	Smartphone	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms

Berdasarkan Hasil Analisis Penggunaan GPU peramban web didapat Tabel yang menunjukkan waktu respon berbagai perangkat setelah 1, 3, 5, dan 10 menit. Perangkat laptop seperti Infinix INBook X1 i3, Lenovo Ideapad 3 Ryzen 5, dan ASUS TUF A15 FA506NF RYZEN 5 memiliki waktu respon yang bervariasi, dengan tren penurunan atau fluktuasi kecil dalam waktu respon seiring berjalannya waktu. Sebaliknya, sebagian besar smartphone yang diuji, seperti Realme C3, Vivo Y69, dan Redmi Note 10, tidak menunjukkan waktu respon yang terukur (0 ms) pada semua interval waktu. Hal ini menunjukkan bahwa laptop umumnya memiliki waktu respon yang lebih konsisten dan dapat diukur dibandingkan dengan smartphone dalam pengujian ini. Besar angka rata-rata untuk penggunaan GPU pramban dengan device laptop sebesar 1,200ms. Dengan demikian pengimplentasi immersive web yang dibangun menggunakan teknologi WebGL untuk peramban web perangkat atau device smartphone tidak menggunakan kinerja GPU untuk perangkat smartphone.



Gbr. 17 Grafik Rata-Rata GPU Website

2) Uji Deteksi Objek

Pada Uji deteksi objek system meliputi pengujian jarak, posisi, resolusi, dan pencahayaan. Pengujian ini dilakukan dengan mengamati hasil percobaan aplikasi secara langsung untuk memastikan apakah setiap objek dapat terbaca atau terdeteksi. Hasil deteksi ditampilkan melalui output uji berupa render warna objek yang sesuai dengan setiap objek yang telah ditentukan dalam *immersive scene*. Selain itu, pemeriksaan dilakukan pada *console dev tools* untuk melihat apakah log console menunjukkan adanya error atau tidak.

Dalam uji coba jarak, ditemukan bahwa rata-rata jarak yang diperlukan oleh TensorFlow Js pendeteksi objek dalam sudut ideal untuk berhasil melakukan proses deteksi pada objek adalah sekitar 15 cm. Namun, perlu diperhatikan bahwa jika jarak antara kamera dan objek terlalu dekat atau terlalu jauh, hal ini dapat mengakibatkan ketidak terbacaan objek jika terlalu dekat dan jika terlalu jauh kesemua lebih dari satu objek yang akan terdeteksi. Kondisi ini akan mengganggu deteksi objek karena kamera akan mengalami kesulitan dalam mendeteksi pola yang ada pada tangkapan layar. Oleh karena itu, menjaga jarak yang tepat antara kamera dan objek sangat penting agar proses deteksi dapat berjalan dengan baik dan objek dapat terdeteksi dengan akurat.

TABEL IV
KEBUTUHAN FUNGSIONAL DAN NON-FUNGSIONAL

No	Sudut	Hasil Deteksi / Rata-Rata Time
1	45 Derajat	Bisa / 1.60s
2	60 Derajat	Bisa / 1.75s
3	90 Derajat	Bisa / 1.75s
4	120 Derajat	Bisa / 1.5 s

Berdasarkan hasil rata - rata kecepatan untuk perangkat mendeteksi objek menggunakan machine learning tensorflow js lebih rendah dibawah 2 second.

Dalam uji Coba resolusi kamera, Penggunaan device yang bervariasi ditemukan bahwa semakin besar resolusi sebuah

kamera, semakin banyak pixel yang dapat ditangkap oleh kamera tersebut. Dengan Lebih banyak pixel dalam gambar menghasilkan detail yang lebih banyak, hal ini sangat bermanfaat karena web camera dapat menggunakan informasi pixel yang lebih banyak untuk melakukan deteksi objek dengan lebih akurat dan mudah.

TABEL V
KEBUTUHAN FUNGSIONAL DAN NON-FUNGSIONAL

No	Nama Perangkat	Kategori	Resolusi Kamera	Hasil Deteksi/Time
1	Infinix INBook X1 i3	Laptop	720P HD	Bisa/1.60s
2	Lenovo Ideapad 3 Ryzen 5	Laptop	720P HD	Bisa/ 1.75s
3	Asus TUF A15 FA506NF RYZEN 5	Laptop	720P HD	Bisa/ 1.75s
4	Realme C3	Smartphone	12 MP	Bisa/ 1.5s
5	Infinix Zero 30 5G	Smartphone	108 MP	Bisa/ 0.75s
6	Vivo Y69	Smartphone	13 MP	Bisa/ 1.25s
7	Redmi Note 10	Smartphone	48 MP	Bisa/ 1.15s

Dengan memiliki resolusi kamera yang tinggi, web Kamera dapat menangkap gambar objek dengan detail yang lebih baik, sehingga memudahkan proses deteksi pola. Informasi pixel yang lebih banyak juga memungkinkan kamera melakukan deteksi dengan lebih akurat dan mudah. Oleh karena itu, dalam uji coba resolusi kamera, hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi resolusi kamera device (laptop atau smartphone), semakin baik kemampuan kamera untuk mendeteksi objek dengan mudah.

Dalam pengujian lain dengan pencahayaan, peneliti melakukan 2 tahap pengujian yang meliputi pencahayaan matahari, dan pencahayaan lampu ruangan saat melakukan uji coba menggunakan smartphone dan laptop. Dalam tahap pencahayaan matahari, peneliti menguji aplikasi dengan memanfaatkan pencahayaan matahari langsung. Dalam kondisi ini, terjadi tantangan dalam mendeteksi objek karena kecerahan dan kontras yang tinggi. pencahayaan yang kuat dapat membuat objek sulit terdeteksi sehingga dapat mempengaruhi pembacaan objek Selanjutnya, tahap pencahayaan lampu ruangan pengujian melakukan uji coba menggunakan pencahayaan dari lampu ruangan dengan dimmer switch hasil menunjukkan bahwa pencahayaan ini cukup memadai untuk mendukung pengenalan objek yang sesuai dengan baik, aplikasi dapat mengenali objek dengan akurat .

TABEL VI
KEBUTUHAN FUNGSIONAL DAN NON-FUNGSIONAL

No	Persentase Cahaya LCD Dalam Ruangan	Kecepatan
1	20 %	3.24 s
2	40 %	2.93 s
3	60 %	1.85 s
4	80 %	1.66 s
5	100 %	1.50 s

Dalam keseluruhan pengujian pencahayaan, ditemukan bahwa pencahayaan matahari memiliki tantangan kecerahan dan kontras, sedangkan pencahayaan lampu ruangan memberikan

hasil yang memadai dalam pengenalan objek. Penting untuk memperhatikan kondisi pencahayaan saat menggunakan atau mengimplementasikan object detection TensorFlow.JS guna mendapatkan kinerja yang optimal.

IV. KESIMPULAN

Menurut hasil pengujian didapat nilai rata-rata tetap stabil baik dalam kondisi mendeteksi objek dan menjalankan aplikasi dengan hanya berinteraksi dengan konten virtual immersive web, pada perangkat laptop yang mendukung GPU komputasi proses terbagi kepada CPU dan GPU di rata rata total 8.000ms. Untuk perangkat yang tidak mendukung komputasi GPU seperti smartphone, komputasi sepenuhnya dilakukan oleh CPU di rata rata nilai 8.000ms. Terjadi tinggi dan besarnya performance web pada CPU dan GPU dapat disebabkan dari penulisan kode program yang kurang baik atau mungkin penggunaan aset yang besar.

Penerapan aplikasi edukasi Immersive Web Berbasis WebGL dengan TensorFlow JS untuk Anak usia dini belajar mengenal objek menggunakan media didunia nyata dan konten virtual berbasis website telah sukses dilakukan dengan memanfaatkan pengolahan hasil deteksi dalam state management dan Aplikasi berhasil mengimplementasikan objek tiga dimensi dan kesan immersive dengan cukup baik. Kecepatan respon algoritma pendeteksi objek dipengaruhi oleh kondisi tertentu dan kualitas resolusi kamera yang digunakan, namun perbedaan kualitas dan kondisi tidak membuat proses pendeteksi objek tidak berjalan dengan baik

REFERENSI

- [1] Wikipedia. (n.d.). "Web browser". [Daring]. Tersedia pada: https://en.wikipedia.org/wiki/Web_browser [Diakses 10 Maret 2024].
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, dan P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, hal. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, dan N. Gisin, "High-resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, hal. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online], <http://www.ieee.org/>, tanggal akses: 16 September 2014.
- [7] Michael Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online], <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/> , tanggal akses: 16 September 2014.
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback:TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Renocongestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. hal. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.