

**ANALISIS OPTIMASI SISTEM DETEKSI EKSPRESI WAJAH PADA  
APLIKASI PENGAJARAN REAL-TIME BERBASIS FACE RECOGNITION  
DAN SOCKET COMMUNICATION**

**PROPOSAL TUGAS AKHIR**

*dijakukan untuk memenuhi sebagai syarat untuk meperoleh gelar Sarjana Komputer  
pada Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak*



Oleh  
Muhamad Fadil  
2109994

**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANGKAT LUNAK  
KAMPUS UPI DI CIBIRU  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan .....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1 State of The Art .....	5
2.2 Deteksi Ekspresi.....	9
2.3 Socket Communication .....	9
2.4 Ekstensi Pramban .....	9
2.5 Performance Testing .....	10
BAB III METODE PENELITIAN .....	11
3.1 Desain Penelitian .....	11
3.1.1 Klarifikasi Penelitian .....	12
3.1.2 Studi Deskriptif I .....	12
3.1.3 Studi Preskriptif .....	12
3.1.4 Studi Deskriptif II .....	13
3.2 Populasi dan Sampel .....	13
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	14
3.3.1 Alat Penelitian .....	14
3.3.2 Bahan Penelitian.....	15

3.4 Instrumen Penelitian .....	15
3.5 Analisis Data .....	17
DAFTAR PUSTAKA.....	18

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State of The Art .....	5
----------------------------------	---

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1	Design Research Methodology (DRM) .....	11
------------	---	----

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kemajuan teknologi informasi saat ini memungkinkan pengembangan berbagai inovasi dalam bidang pendidikan, termasuk implementasi teknologi berbasis AI untuk meningkatkan interaktivitas dan efektivitas pengajaran. Salah satu aspek penting dalam proses pembelajaran adalah kemampuan seorang pendidik untuk memahami keadaan emosional siswa, yang kerap tercermin melalui ekspresi wajah. Kemampuan ini, jika dapat diukur secara otomatis dan real-time, dapat membantu pendidik dalam menyesuaikan metode pengajaran dan menciptakan suasana belajar yang lebih kondusif.

Aplikasi berbasis Face Recognition dan analisis ekspresi wajah menjadi relevan untuk mengatasi tantangan ini. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi ekspresi wajah siswa, seperti senang, sedih, atau bingung, yang kemudian dapat disampaikan kepada pendidik sebagai indikator untuk menilai suasana kelas secara keseluruhan. Penggunaan komunikasi socket dalam sistem ini, yang memungkinkan transfer data secara langsung dan berkesinambungan antara klien dan server, memfasilitasi proses analisis ekspresi wajah secara real-time dan memastikan data tersampaikan dengan cepat dan akurat (Ogundeyi dan Yinka-Banjo 2019).

Aplikasi pengajaran terpadu yang bernama Emodu yang menggunakan teknologi canggih untuk meningkatkan pengalaman belajar mengajar. Tech stack yang digunakan dalam pengembangan Emodu meliputi backend dengan NestJS yang berfungsi sebagai bagian utama untuk mengolah data, dan CMS panel dengan Next.js yang memungkinkan siswa dan guru untuk melakukan registrasi. Guru dapat membuat kelas yang nantinya akan diikuti oleh siswa menggunakan kode unik yang tergenerate. Dalam kelas tersebut, guru dapat melihat data emosi siswa secara real-time.

Penelitian ini berfokus untuk menganalisis dan mengoptimalkan sistem apli-

kasi Emodu sehingga dapat meningkatkan performa aplikasi. Penggunaan socket communication harus dioptimalkan agar dapat menangani lalu lintas data yang besar dengan latensi rendah. Di sisi lain, algoritma analisis ekspresi wajah harus dapat berjalan secara efisien tanpa membebani perangkat pengguna. Dengan demikian, hasil analisis dapat diberikan secara real-time dan gangguan teknis yang dapat mengurangi efektivitas pengajaran dapat diminimalkan.

Inti dari aplikasi Emodu adalah sebuah ekstensi Google Chrome yang memungkinkan siswa atau peserta meeting untuk join class dan melakukan rekognisi wajah menggunakan library face-api.js yang dijalankan di client. Teknologi face recognition ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi ekspresi wajah siswa, seperti senang, sedih, atau bingung, yang kemudian dapat disampaikan kepada pendidik sebagai indikator untuk menilai suasana kelas secara keseluruhan. Penggunaan komunikasi socket dalam sistem ini memungkinkan transfer data secara langsung dan berkesinambungan antara klien dan server, memfasilitasi proses analisis ekspresi wajah secara real-time dan memastikan data tersampaikan dengan cepat dan akurat.

Namun, ada beberapa tantangan teknis dalam mengoptimalkan sistem seperti ini, khususnya dalam hal performa sistem dan kecepatan pemrosesan. Penggunaan socket communication harus dioptimalkan agar dapat menangani lalu lintas data yang besar dengan latensi rendah. Di sisi lain, algoritma analisis ekspresi wajah harus dapat berjalan secara efisien tanpa membebani perangkat pengguna (Phankokkruad dkk. 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem analisis ekspresi wajah pada aplikasi pengajaran berbasis Face Recognition dan socket communication, sehingga dapat memberikan hasil analisis secara real-time dan meminimalkan gangguan teknis yang dapat mengurangi efektivitas pengajaran.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengoptimalkan sistem analisis ekspresi wajah secara Real-Time pada aplikasi pengajaran berbasis Face Recognition?
2. Bagaimana pemanfaatan Socket Communication dapat meningkatkan kecepatan dan keakuratan dalam pengiriman data ekspresi wajah secara Real-Time?
3. Bagaimana mengukur efektivitas optimasi yang diterapkan terhadap kinerja aplikasi?

### **1.3 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengoptimalkan sistem analisis ekspresi wajah pada aplikasi pengajaran berbasis real-time menggunakan Face Recognition dan Socket Communication.
2. Mengidentifikasi tantangan dan mengembangkan solusi dalam optimasi sistem real-time untuk pengajaran interaktif.
3. Mengevaluasi efektivitas dari optimasi yang diterapkan terhadap performa dan kualitas aplikasi dalam mendukung proses pengajaran.

### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan kontribusi keilmuan di bidang pengenalan wajah dan komunikasi data real-time dalam konteks pendidikan, serta sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.
2. Aplikasi hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pendidik dalam memahami ekspresi dan kondisi emosional siswa secara lebih efektif, sehingga dapat meningkatkan interaktivitas dan kualitas pembelajaran.



3. Menjadi referensi bagi pengembangan sistem serupa yang memerlukan optimasi pengiriman data real-time dan analisis ekspresi wajah dalam konteks yang lebih luas.

## **1.5 Batasan**

Untuk memastikan fokus penelitian dan hasil yang terarah, penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Aplikasi akan dibatasi pada penggunaan teknologi face recognition. Menggunakan komunikasi data melalui REST API dan Socket Communication pada aplikasi berbasis web.
2. Pengujian dilakukan dalam lingkungan simulasi kelas kecil, dengan jumlah pengguna yang terbatas.
3. Sistem hanya akan diimplementasikan pada platform WEB Desktop dengan kamera, dan tidak diuji pada perangkat mobile.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 State of The Art

Tabel 2.1 *State of The Art*

Judul Penelitian	Metrik	Metode Penelitian	Hasil
A Real-time Face Recognition for Class Participation Enrollment System Over WebRTC (Phankokkruad dkk. 2016)	Akurasi deteksi wajah, Attendance reliability, performa Real-Time.	Implementasi pengenalan wajah berbasis WebRTC untuk sistem kehadiran kelas, dengan evaluasi akurasi dan kecepatan respons.	Sistem terbukti efektif untuk mencatat kehadiran siswa dan dapat memotivasi siswa untuk hadir di kelas.
Real time Face Detection and Optimal Face Mapping for Online Classes (Archana dkk. 2022)	Akurasi deteksi wajah, Attendance reliability, Real-Time Performance.	Perbandingan algoritma Local Binary Pattern Histogram (LBPH) dan Convolutional Neural Network (CNN) untuk pengenalan wajah serta Haar Cascade untuk deteksi wajah.	Algoritma CNN memiliki akurasi 95%, lebih tinggi dibandingkan LBPH (78%), menunjukkan keunggulan untuk kehadiran real-time dalam kelas online.

Web Application Development for Biometric Identification System Based on Neural Network Face Recognition (Bykov dkk. 2020)	Akurasi deteksi wajah, System Response.	Pengembangan aplikasi web berbasis neural network untuk identifikasi wajah dengan arsitektur MVC dan pengujian performa modul.	Kompleks identifikasi biometrik berhasil diterapkan di lingkungan keamanan seperti bandara dengan akurasi tinggi.
Web Front-End Realtime Face Recognition Based on TFJS (Chenyang Li dan Chunfang Li 2019)	Latency, Kecepatan deteksi wajah.	Implementasi pengenalan wajah di browser menggunakan TensorFlow.js dan pengujian pada berbagai skenario untuk mengurangi beban server.	Sistem pengenalan wajah Real-Time di sisi Client berhasil menurunkan latensi dan beban Server, menunjukkan respons yang dapat diterima pengguna.

Web Performance Optimization Techniques for Biodiversity Resource Portal (Budiman dkk. 2019)	Efficiency Score, Load Time, Page Rank, End-to-End Performance Indicators.	Analisis sebelum dan pasca-optimalisasi menggunakan teknik Web Performance Optimization (WPO), dinilai dengan GTmetrix.	Peningkatan signifikan dalam performa portal, dari Grade F (13%) menjadi Grade B (82%) setelah optimalisasi.
WebSocket in real time application (Ogundeyi dan Yinka-Banjo 2019)	Latency, Efficiency, Data Transmission Reliability	Analisis performa WebSocket dibandingkan dengan HTTP long polling dan server-sent events untuk aplikasi real-time.	WebSocket memberikan performa yang lebih baik dalam latensi dan efisiensi jaringan, mendukung pertukaran data dua arah yang lebih halus untuk aplikasi real-time.

PROPOSED	Memory Usage, System Responses, Real-Time Performance.	Uji coba aplikasi dan web server pada aplikasi web virtual meeting untuk menguji performa.	Menganalisis cara meengoptimalkan kecepatan, keakuratan, dan efektivitas sistem analisis ekspresi wajah berbasis face recognition dan socket communication
----------	---	---	---

## **2.2 Deteksi Ekspresi**

Deteksi ekspresi wajah adalah proses analisis dan interpretasi ekspresi wajah manusia melalui perangkat lunak untuk mengenali emosi, seperti senang, sedih, bingung, dan fokus. Teknologi ini sering didasarkan pada face recognition yang mengidentifikasi fitur-fitur wajah melalui berbagai teknik seperti pengenalan pola, analisis tekstur, dan deep learning (Archana dkk. 2022). Dalam aplikasi pengajaran berbasis real-time, deteksi ekspresi wajah memungkinkan pengajar untuk memahami respons siswa dengan cepat, mendukung interaksi yang lebih responsif dan efektif dalam pembelajaran (Archana dkk. 2022).

## **2.3 Socket Communication**

Socket communication adalah metode yang digunakan untuk memungkinkan transfer data secara real-time antara client dan server. Teknologi ini memanfaatkan protokol TCP/IP atau WebSocket untuk mempertahankan koneksi yang persisten, memungkinkan aplikasi untuk mengirim dan menerima data secara cepat dan efisien. Dalam konteks aplikasi pengajaran berbasis real-time, socket communication berperan penting untuk memastikan bahwa data terkait ekspresi wajah siswa dapat dikirimkan secara Real-Time ke server dan disampaikan kepada pengajar yang memungkinkan minimnya Latency dan Network Traffic di sistem (Ogundeyi dan Yinka-Banjo 2019).

## **2.4 Ekstensi Pramban**

Ekstensi pramban web adalah aplikasi kecil yang dapat ditambahkan ke peramban untuk memberikan fungsi tambahan atau mengubah perilaku halaman web tertentu (Jin dkk. 2024). Ekstensi ini memungkinkan fitur khusus seperti integrasi face recognition, yang berjalan di sisi pengguna untuk memproses data visual secara langsung tanpa memerlukan pengiriman seluruh data gambar ke server. Ekstensi pramban untuk pengajaran dapat mengumpulkan data ekspresi wajah siswa secara

otomatis dan mengirimkannya ke server melalui socket communication, menjaga interaksi tetap real-time dan membantu pengajar menilai kondisi siswa lebih akurat.

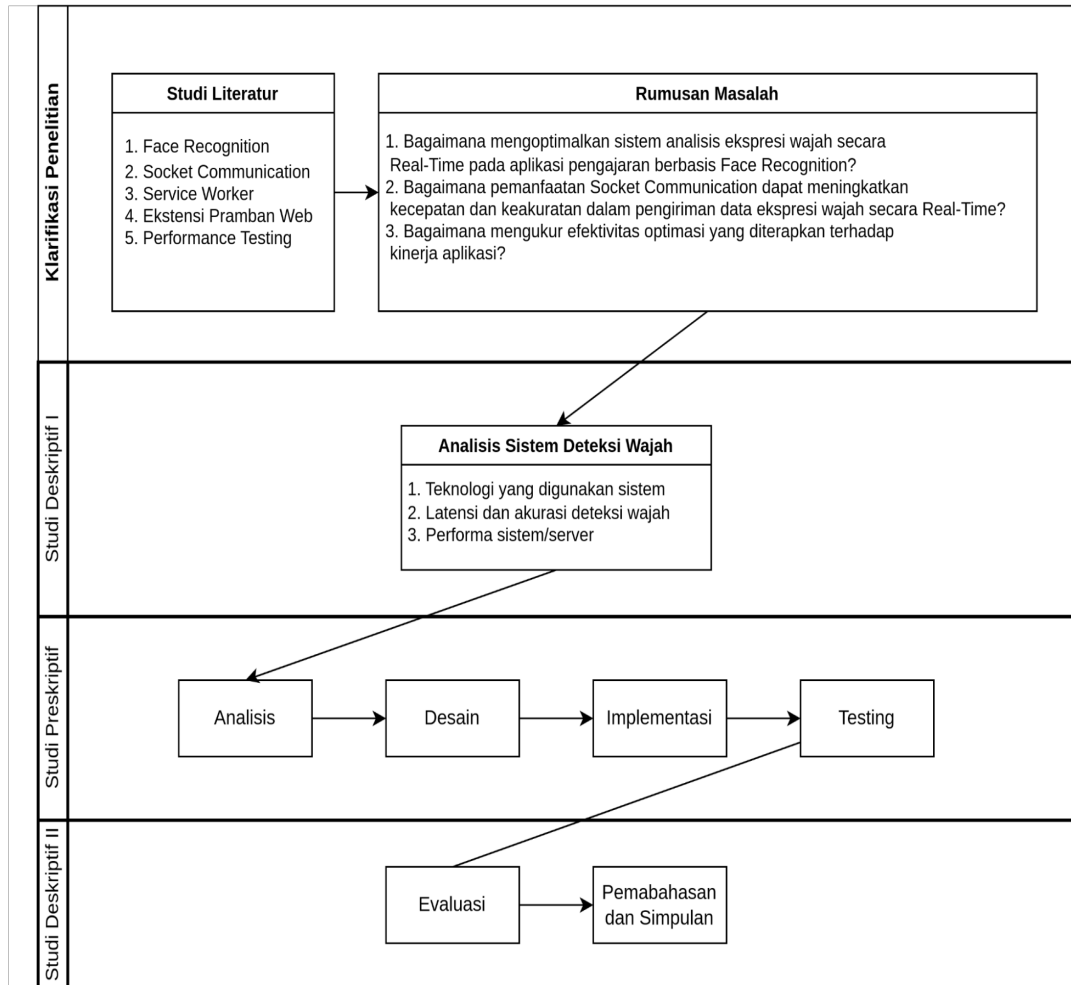
## **2.5 Performance Testing**

Performance testing adalah serangkaian proses pengujian untuk mengukur stabilitas, kecepatan, dan efisiensi aplikasi dalam berbagai kondisi operasional (Jin dkk. 2024). Dalam aplikasi real-time yang menggunakan socket communication dan face recognition, performance testing penting untuk memastikan bahwa pengiriman data, pemrosesan gambar, dan penyampaian hasil tetap cepat dan responsif. Pengujian ini juga berguna untuk mengidentifikasi potensi bottleneck dalam aliran data dan meningkatkan pengoptimalan sistem agar mampu menangani beban pemrosesan dalam situasi penggunaan yang intensif.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Desain Penelitian



Gambar 3.1 Design Research Methodology (DRM)

Penelitian ini menggunakan pendekatan Design Research Methodology (DRM) untuk mengembangkan solusi teknis secara sistematis, bertujuan memahami dan mengoptimalkan sistem deteksi ekspresi wajah dalam aplikasi pengajaran real-time. Melalui DRM, penelitian berfokus pada tahapan identifikasi masalah, perancangan solusi, dan evaluasi hasil dalam konteks aplikasi pengajaran yang berbasis teknologi



### 3.1.1 Klarifikasi Penelitian

Tahap ini berfokus pada identifikasi masalah dan penentuan ruang lingkup secara spesifik. Pada tahap ini, penelitian bertujuan mengoptimalkan sistem deteksi ekspresi wajah guna meningkatkan performa dan keandalan aplikasi pengajaran real-time. Penelitian juga akan mengidentifikasi kebutuhan utama pengguna aplikasi, yaitu pengajar yang memerlukan data ekspresi siswa secara akurat dan tepat waktu. Untuk mendukung optimalisasi sistem, penelitian ini akan melakukan kajian pustaka yang lebih dalam terkait teknologi face recognition, socket communication, ekstensi pramban, dan pengujian performa.

### 3.1.2 Studi Deskriptif I

Pada tahap deskripsi, dilakukan pengumpulan data empiris guna memahami kondisi sistem yang ada serta tantangan yang dihadapi dalam penerapan deteksi ekspresi wajah pada aplikasi pengajaran. Penelitian akan melakukan analisis terhadap sistem eksisting atau konsep awal, seperti teknologi face recognition dan socket communication. Selain itu, studi kasus akan dilakukan pada aplikasi pengajaran real-time terkait, atau melalui prototipe awal, untuk memahami bagaimana deteksi ekspresi wajah dapat diimplementasikan secara optimal. Permasalahan teknis seperti latensi, akurasi deteksi wajah, dan performa sistem saat beban tinggi juga akan diidentifikasi pada tahap ini.

### 3.1.3 Studi Preskriptif

Pada tahap ini, penelitian akan merancang solusi untuk mengatasi masalah yang ditemukan pada tahap sebelumnya. Solusi ini difokuskan pada peningkatan performa deteksi ekspresi wajah melalui optimalisasi penerapan face recognition dan socket communication. Sistem yang dikembangkan akan mengikuti best practice developer untuk mencapai hasil optimal. Prototipe aplikasi yang dibangun akan memanfaatkan

ekstensi pramban untuk pengumpulan data ekspresi wajah, service worker untuk caching data, dan socket communication untuk pengiriman data real-time. Metode evaluasi juga akan ditetapkan untuk mengukur kecepatan transmisi, akurasi deteksi ekspresi wajah, dan performa sistem secara keseluruhan.

#### 3.1.4 Studi Deskriptif II

Pada tahap ini, sistem yang dikembangkan akan dinilai efektivitasnya dalam meningkatkan performa aplikasi pengajaran real-time. Pengujian performa akan dilakukan untuk mengukur kecepatan pengiriman data ekspresi wajah menggunakan socket communication dan keandalan face recognition di berbagai kondisi lingkungan dan jumlah pengguna. Evaluasi akan menilai keberhasilan optimasi dari segi akurasi, latensi pengiriman data, dan pengalaman pengguna. Analisis hasil dari pengujian ini akan membantu menentukan sejauh mana solusi ini dapat diterapkan pada skala yang lebih luas.

### 3.2 Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini, populasi yang ditargetkan adalah pengajar dan siswa yang menggunakan aplikasi pengajaran berbasis real-time. Pengambilan sampel akan dilakukan secara purposive sampling, di mana sampel terdiri dari pengajar yang menggunakan teknologi pengajaran serta siswa dari berbagai latar belakang yang bersedia berpartisipasi dalam pengujian aplikasi. Jumlah sampel akan ditentukan berdasarkan kebutuhan pengujian performa dan efektivitas sistem, dengan estimasi sekitar 10-20 partisipan. Pengajar berperan sebagai pengguna utama yang akan mengamati dan mengevaluasi ekspresi wajah siswa untuk mendukung proses pembelajaran, sementara siswa berperan dalam memberikan data ekspresi wajah yang akan dianalisis oleh sistem.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.3.1 Alat Penelitian**

Spesifikasi komputer yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- CPU AMD Ryzen 5 PRO 5650U
- RAM 14.94 GB
- SSD 256 GB

Perangkat lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Ubuntu 24.04.01 LTS
- Node.js
- NestJS
- ReactJS
- face-api.js
- Postman
- Google Chrome DevTools
- JMeter
- Playwright
- Wireshark
- Grafana
- Python
- Tableau

- Zotero
- LaTeX
- Visual Studio Code

Infrastruktur server yang digunakan dalam penelitian ini adalah Vercel Hobby Plan. Vercel menyediakan hosting yang mendukung pengembangan dan deployment aplikasi web dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Bandwidth: 100 GB per bulan
- Build Execution Timeout: 45 detik
- Serverless Function Execution Timeout: 10 detik
- Serverless Function Memory: 1024 MB

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: artikel jurnal, buku, dan dokumen terkait teknologi face recognition, socket communication, dan aplikasi pengajaran berbasis real-time. Kuesioner dari pengguna aplikasi juga akan digunakan sebagai bahan penelitian untuk mengukur persepsi pengguna terhadap aplikasi yang dikembangkan.

## 3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa komponen untuk mendukung pengumpulan data yang efektif. Pertama, prototipe aplikasi yang dikembangkan sebagai alat utama untuk mengimplementasikan sistem deteksi ekspresi wajah dan menguji performa sistem secara real-time (Archana dkk. 2022). Kedua, kuesioner yang dirancang untuk mengukur persepsi pengguna, di mana

pertanyaan dalam kuesioner ini akan mencakup aspek kepuasan pengguna terhadap keakuratan deteksi, dan pengalaman keseluruhan saat menggunakan aplikasi. Selain itu, pengujian teknis juga akan dilakukan untuk mengukur performa sistem menggunakan alat pengukuran latensi dan kecepatan, serta software analisis data untuk menganalisis hasil kuesioner dan pengamatan (Budiman dkk. 2019).

Untuk pengujian beban dan kinerja aplikasi, JMeter digunakan untuk mengukur latensi dan throughput sistem (K S dan Dr. P. V. 2017). Google Chrome DevTools digunakan untuk menganalisis performa aplikasi web, termasuk pemantauan penggunaan CPU, memori, dan analisis jaringan (Jin dkk. 2024). Jest digunakan untuk melakukan pengujian unit dan integrasi pada kode backend dan frontend, memastikan bahwa setiap komponen aplikasi berfungsi dengan benar (Bykov dkk. 2020). Playwright digunakan untuk melakukan pengujian end-to-end pada aplikasi, memastikan bahwa seluruh alur kerja aplikasi berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Wireshark digunakan untuk menganalisis lalu lintas jaringan dan memastikan bahwa komunikasi data antara klien dan server berjalan dengan efisien (CHEN 2018). Postman digunakan untuk menguji API yang dikembangkan, memastikan bahwa setiap endpoint berfungsi dengan benar dan memberikan respons yang diharapkan (Phankokkruad dkk. 2016).

Untuk analisis data performa aplikasi secara real-time, Grafana digunakan untuk memvisualisasikan data performa aplikasi, membantu dalam pemantauan dan analisis performa sistem (Ogundeyi dan Yinka-Banjo 2019). Selain itu, Python dan Tableau digunakan untuk menganalisis hasil kuesioner dan pengamatan, memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang efektivitas sistem yang dikembangkan (Fowdur dan Hosenally 2024).

Dengan instrumen-instrumen ini, diharapkan penelitian dapat memperoleh data yang komprehensif dan valid untuk mengevaluasi efektivitas sistem yang dikembangkan.

### **3.5 Analisis Data**

Data hasil pengujian dan observasi dianalisis untuk menilai keberhasilan optimasi yang diterapkan. Analisis dilakukan secara kuantitatif untuk aspek performa teknis seperti latensi, kecepatan, dan akurasi, serta secara kualitatif untuk memahami persepsi pengguna terhadap aplikasi ini. Hasil analisis ini akan digunakan sebagai dasar untuk menarik kesimpulan serta memberikan rekomendasi bagi pengembangan sistem deteksi ekspresi wajah yang optimal pada aplikasi pengajaran berbasis real-time.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alionte, Elena dan Corneliu Lazar (Okt. 2015). “A Practical Implementation of Face Detection by Using Matlab Cascade Object Detector”. Di dalam: *2015 19th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*. 2015 19th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC). Cheile Gradistei, Romania: IEEE, hlmn. 785–790. ISBN: 978-1-4799-8481-7. DOI: 10.1109/ICSTCC.2015.7321390. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7321390/> (dikunjungi pd. 11/05/2024).
- Archana, Mcp, Ck Nitish, dan Sandhya Harikumar (Jan. 1, 2022). “Real Time Face Detection and Optimal Face Mapping for Online Classes”. Di dalam: *Journal of Physics: Conference Series* 2161.1, hlmn. 012063. ISSN: 1742-6588, 1742-6596. DOI: 10.1088/1742-6596/2161/1/012063. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2161/1/012063> (dikunjungi pd. 10/30/2024).
- Budiman, Edy dkk. (Juli 1, 2019). “Web Performance Optimization Techniques for Biodiversity Resource Portal”. Di dalam: *Journal of Physics: Conference Series* 1230.1, hlmn. 012011. ISSN: 1742-6588, 1742-6596. DOI: 10.1088/1742-6596/1230/1/012011. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1230/1/012011> (dikunjungi pd. 10/30/2024).
- Bykov, A. D. dkk. (Mar. 2020). “Web Application Development for Biometric Identification System Based on Neural Network Face Recognition”. Di dalam: *2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*. 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, hlmn. 1–6. DOI: 10.1109/IEEECONF48371.2020.9078654. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9078654> (dikunjungi pd. 10/29/2024).

- CHEN, DIYU (Feb. 21, 2018). “Application of Web Socket in Dynamic Face Recognition System”. Di dalam: *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*. DOI: 10.12783/dtcse/iceiti2017/18820.
- Fowdur, Tulsi Pawan and Shuaib Hosenally (Jan. 2, 2024). “A Real-Time Machine Learning Application for Browser Extension Security Monitoring”. In: *Information Security Journal: A Global Perspective* 33.1, pp. 16–41. ISSN: 1939-3555, 1939-3547. DOI: 10.1080/19393555.2022.2128944. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19393555.2022.2128944> (visited on 11/10/2024).
- Jin, Bihui, Heng Li, dan Ying Zou (Apr. 10, 2024). *Impact of Extensions on Browser Performance: An Empirical Study on Google Chrome*. DOI: 10.48550/arXiv.2404.06827. arXiv: 2404.06827. URL: <http://arxiv.org/abs/2404.06827> (dikunjungi pd. 11/10/2024). Pre-published.
- K S, Shailesh and Suresh Dr. P. V. (Mar. 16, 2017). “AN ANALYSIS OF TECHNIQUES AND QUALITY ASSESSMENT FOR WEB PERFORMANCE OPTIMIZATION”. In: *Indian Journal of Computer Science and Engineering* 8.2.
- Kremic, Emir, Abdulhamit Subasi, dan Kemal Hajdarevic (Juni 2012). “Face Recognition Implementation for Client Server Mobile Application Using PCA”. Di dalam: *Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on Information Technology Interfaces*. Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on Information Technology Interfaces, hlmn. 435–440. DOI: 10.2498/iti.2012.0455. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6308047> (dikunjungi pd. 11/05/2024).
- Li, Chenyang dan Chunfang Li (Okt. 2019). “Web Front-End Realtime Face Recognition Based on TFJS”. Di dalam: *2019 12th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*. 2019 12th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical



Engineering and Informatics (CISP-BMEI). Suzhou, China: IEEE, hlmn. 1–5. ISBN: 978-1-72814-852-6. DOI: 10.1109/CISP-BMEI48845.2019.8965963. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8965963/> (dikunjungi pd. 10/30/2024).

Ogundeyi, K.E. dan C Yinka-Banjo (Des. 12, 2019). “WebSocket in Real Time Application”. Di dalam: *Nigerian Journal of Technology* 38.4, hlmn. 1010. ISSN: 2467-8821, 0331-8443. DOI: 10.4314/njt.v38i4.26. URL: <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/view/191780> (dikunjungi pd. 10/30/2024).

Phankokkrud, Manop, Phichaya Jaturawat, dan Pasinee Pongmanawut (Agt. 29, 2016). “A Real-Time Face Recognition for Class Participation Enrollment System over WebRTC”. Di dalam: Eighth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2016). Ed. oleh Charles M. Falco dan Xudong Jiang. Chengdu, China, hlmn. 100330V. DOI: 10.1117/12.2244883. URL: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.2244883> (dikunjungi pd. 10/30/2024).