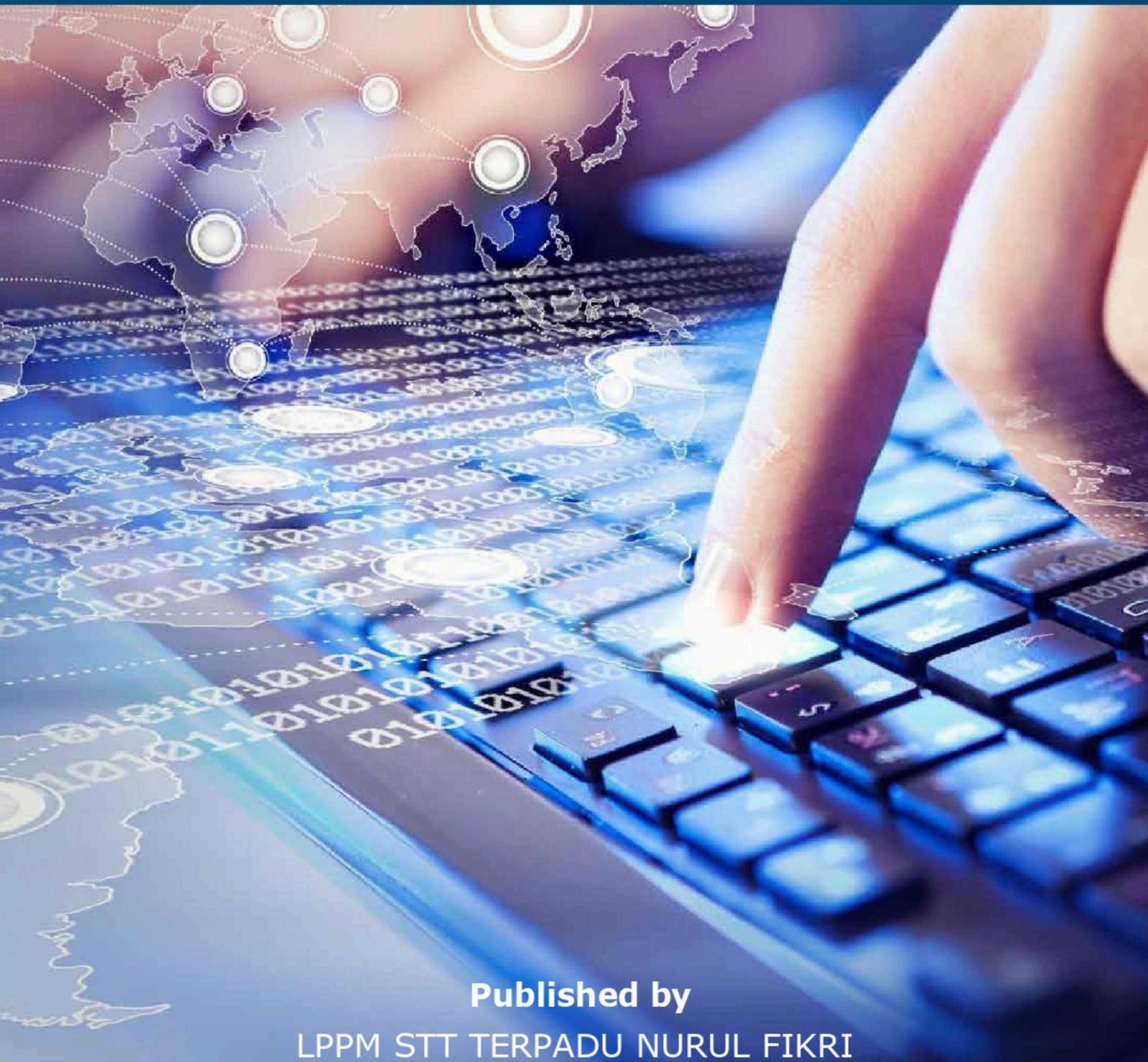


ISSN 2477-0043  
E-ISSN 2460-7908

# Jurnal Teknologi Terpadu

Volume 10 No. 2, Desember 2024



**Published by**  
LPPM STT TERPADU NURUL FIKRI

# Jurnal Teknologi Terpadu

**Jurnal Teknologi Terpadu** memuat jurnal ilmiah di bidang Ilmu Komputer, Sistem Informasi dan Teknik Informatika. Jurnal Teknologi Terpadu diterbitkan oleh LPPM STT Nurul Fikri dengan periode dua kali dalam setahun, yakni pada bulan Juli dan Desember. Jurnal Teknologi Terpadu telah terakreditasi nasional Sinta 4 sesuai dengan Surat Keputusan No. 5/E/KPT/2022 tanggal 7 Desember 2022 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

## Ketua Penyunting (*Editor-in-chief*)

Drs. Rusmanto, M.M,  
Sistem Informasi,  
STT Terpadu Nurul Fikri

## Anggota Penyunting (*Managing Editor*)

Yekti Wirani, S.T., M.T.I.,  
Sistem Informasi,  
STT Terpadu Nurul Fikri

## Dewan Penyunting (*Editorial Board Member*)

Dr. Yan Riyanto,  
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Indonesia

Dr. Lukman Rosyidi, S.T., M.M., M.T.,  
Teknik Informatika,  
STT Terpadu Nurul Fikri

Dr. Amalia Rahmah, S.T., M.T.,  
Sistem Informasi,  
STT Terpadu Nurul Fikri

Dr. Sigit Puspito Wigati Jarot,  
Teknik Informatika,  
STT Terpadu Nurul Fikri

Pristi Sukmasetya, S.Komp., M.kom.,  
Universitas Muhammadiyah Magelang  
Indonesia

## Mitra Bestari (*Reviewer*)

Indra Hermawan, S.Kom., M.Kom,  
Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Dr. Sirojul Munir, S.Si., M.Kom.,  
STT Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

Tirsa Ninia Lina, S.Kom., M.Cs.,  
Universitas Victory Sorong, Indonesia

Oman Somantri, S.Kom., M.Kom.,  
Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia

Kelik Sussolaikah, S.Kom., M.Kom.,  
Universitas PGRI Madiun, Indonesia

Candro Kartiko, S.Kom., M.T.I.,  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto,  
Indonesia

Matheus Supriyanto Rumetna, S.Kom., M.Cs.,  
Universitas Victory Sorong, Indonesia

Tifani Nabarian, S.Kom., M.T.I.,  
STT Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

Ninik Sri Lestari, S.T., M.Kom.,  
STT Mandala, Indonesia

Afif Zuhri Arfianto, S.T., M.T.,  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Indonesia

Edy Victor Haryanto, M.Kom.,  
Universitas Potensi Utama, Indonesia

Rismayani, S.Kom., M.T.,  
STMIK Dipanegara Makassar, Indonesia

Arnisa Stefanie, S.T., M.T.,  
Universitas Singaperbangsa Karawang,  
Indonesia

Taufik Hidayat, S.Kom., M.T.,  
Universitas Wiralodra, Indonesia

Rahmad Hidayat, S.T., M.T.,  
Sekolah Tinggi Teknologi Mandala,  
Indonesia

Ahmad Rio Adriansyah, S.Si., M.Si.  
STT Terpadu Nurul Fikri, Indonesia

Joko Kuswanto, M.Kom.  
Universitas Baturaja, Indonesia

## Penyunting Pelaksana (*Assistant Editors*)

Nurul Janah, S.IIP, M.Hum.,  
STT Terpadu Nurul Fikri

Muh Syaiful Romadhon, S.Kom.,  
STT Terpadu Nurul Fikri

Miftahussa'adah Putri Siddiq, S.Kom.,  
STT Terpadu Nurul Fikri

Hilmia Zahra, S.T.,  
STT Terpadu Nurul Fikri

Jurnal Teknologi Terpadu telah terindeks oleh Google Scholar, Index Copernicus International, Garuda, Neliti, dan Sinta. Tanggung jawab isi artikel berada di penulis bukan pada penerbit atau editor.

## Diterbitkan oleh:

LPPM STT Terpadu Nurul Fikri

## Alamat Redaksi dan Distribusi:

Kampus B STT Terpadu Nurul Fikri Lantai 3

Jl. Lenteng Agung Raya 20, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12640

Telp. 021 – 786 3191 dan WhatsApp. 0851 7444 3360

Email: [journal@nurulfikri.ac.id](mailto:journal@nurulfikri.ac.id)

Website: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt/> dan [lppm.nurulfikri.ac.id](http://lppm.nurulfikri.ac.id)

**Jurnal Teknologi Terpadu**  
**Volume. 10 No. 2, Desember 2024**

---

**Daftar Isi**

<b>Pengembangan Aplikasi <i>Game</i> Pengenalan Jenis-jenis Virus Berbasis RPG</b>	<b>77</b>
Dwifa Yuda Pradana, Anik Vega Vitianingsih, Dwi Cahyono, Anggit Wikaningrum, Seftin Fitri Ana Wati	
<b>Transformasi Pelayanan Masyarakat melalui <i>Website</i> Kampung Malasigit sebagai Inovasi Berbasis TI</b>	<b>84</b>
Matheus Supriyanto Rümetna, Charliany Hetharia	
<b>Rancang Bangun <i>Website</i> Kampung Batu Lubang Pantai sebagai Destinasi Wisata dan Sarana Promosi Pariwisata</b>	<b>92</b>
Tirsa Ninia Lina, Frenny Silvia Pormes	
<b>Rencana Strategis Transformasi Teknologi Informasi pada Industri Kelapa Sawit Menggunakan <i>Framework Zachman</i></b>	<b>98</b>
Indra Permana Solihin, Bambang Triwahyono, Mohamad Bayu Wibisono, Sirojul Munir	
<b>Identifikasi Penyakit Daun pada Tanaman <i>Solanaceae</i> dan <i>Rosaceae</i> Menggunakan <i>Deep Learning</i></b>	<b>105</b>
Allan Bil Faqih, Donny Avianto	
<b>Analisis Faktor Kesuksesan <i>E-Learning</i> dalam Meningkatkan Kualitas Belajar Mengajar di Kota Batam</b>	<b>117</b>
Muhamad Dody Firmansyah, Dini Sari Melati	
<b>Implementasi Metode <i>Double Exponential Smoothing</i> untuk Sistem Peramalan Penjualan Alat Musik</b>	<b>125</b>
Mohammad Akbar Ilham, Sentot Achmadi, Karina Aulia Sari	
<b>Implementasi Teknologi <i>Augmented Reality</i> dalam Sains berbasis <i>Android</i> dengan Kartu Interaktif</b>	<b>134</b>
Nur Aminudin, Mutmainah, Afnan Zalfa Salsabila A	
<b>Klasifikasi Motif Batik Yogyakarta Menggunakan Metode GLCM dan CNN</b>	<b>142</b>
Ananda Rizki Dani, Irma Handayani	
<b>Implementasi Metode <i>Case-Based Reasoning (CBR)</i> dalam Sistem Pakar untuk Mendapatkan Diagnosis <i>Anxiety Disorders</i></b>	<b>157</b>
Tar Muhammad Raja Gunung, Siti Sahara Lubis, Manutur Siregar, Peter Jaya Negara Simanjuntak, Abwabul Jinan	



## PENGEMBANGAN APLIKASI GAME PENGENALAN JENIS-JENIS VIRUS BERBASIS RPG

Dwifa Yuda Pradana<sup>1</sup>, Anik Vega Vitianingsih<sup>2</sup>, Dwi Cahyono<sup>3</sup>, Anggit Wikaningrum<sup>4</sup>, Seftin Fitri Ana Wati<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Informatika, Universitas Dr. Soetomo

<sup>5</sup>Sistem Informasi, UPN Veteran Jawa Timur  
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60118

dwifayuda91@gmail.com, vega@unitomo.ac.id, dwikk@unitomo.ac.id, anggit.wikaningrum@unitomo.ac.id, seftin.fitri.si@upnjatim.ac.id

### Abstract

*The global community has been significantly affected by the COVID-19 pandemic in terms of health, education, the economy, social matters, and culture. Digital devices are increasingly being used for entertainment to combat boredom amidst restrictions on physical activity. However, this behaviour can also reduce adherence to health protocols, which can lead to high cases of COVID-19. Education about viruses is increasingly emphasized, especially for adolescents, who are a key group in preventing the spread of viral infections. Consequently, the media is required to introduce the different kinds of viruses and their survival strategies. This study aims to create an RPG-based "V-Fight" game application for virus types' exposure among teens. The research used a software development methodology that applied the Multimedia Development Life Cycle (MDLC), which consists of Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, and Distribution. The validation test conducted on 35 respondents obtained a validity level of 76.38%. This indicates that the tested game has sufficient criteria to be considered a practical learning tool.*

**Keywords:** Adolescents, digital devices, introduction to virus types, MDLC, role-playing game

### Abstrak

Masyarakat global telah terdampak secara signifikan oleh pandemi COVID-19 baik dari segi kesehatan, pendidikan, ekonomi, sosial, dan budaya. Perangkat digital semakin banyak digunakan untuk tujuan hiburan guna melawan kebosanan di tengah pembatasan aktivitas fisik. Namun, perilaku ini juga dapat mengurangi kepatuhan terhadap protokol kesehatan, yang dapat menyebabkan tingginya kasus COVID-19. Pentingnya edukasi mengenai virus semakin ditekankan, terutama bagi remaja yang merupakan kelompok kunci dalam mencegah penyebaran infeksi virus. Oleh karena itu, diperlukan media yang dapat mengenalkan berbagai jenis virus dan strategi bertahan hidup. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat aplikasi *game* "V-Fight" berbasis RPG untuk pengenalan jenis-jenis virus di kalangan remaja. Penelitian ini menggunakan metodologi pengembangan perangkat lunak yang menerapkan *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*, yang terdiri dari *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution*. Uji validasi yang dilakukan terhadap 35 responden memperoleh tingkat validitas sebesar 76,38%. Hal ini menunjukkan bahwa *game* yang diuji coba memiliki kriteria yang cukup untuk dapat dikatakan sebagai media pembelajaran yang efektif.

**Kata kunci:** MDLC, pengenalan jenis-jenis virus, perangkat digital, remaja, *role playing game*

### 1. PENDAHULUAN

Sejumlah besar bidang dalam kehidupan manusia telah terpengaruh oleh wabah COVID-19 termasuk kesehatan, pembelajaran, keuangan, faktor sosial-ekonomi, dan norma-norma tradisional[1]. COVID-19 menyebar dengan cepat hingga data harian dari seluruh dunia melaporkan penyebaran dan peningkatan dampak virus *corona*. Indonesia juga telah memasuki keadaan darurat nasional

sejak tes positif virus *corona* pertama kali diumumkan pada awal Maret 2020, dan angka kematian akibat virus *corona* terus meningkat[2]. Pandemi ini telah menyebabkan banyak masalah yang membuat masyarakat membatasi aktivitas dan lebih banyak berdiam diri di rumah. Akibatnya, masyarakat mudah bosan dan mencari cara untuk menghilangkan rasa bosan, termasuk bermain dengan perangkat khusus, komputer, atau ponsel[3]. Karena keinginan untuk

mengatasi kebosanan, masyarakat mengabaikan protokol kesehatan yang sangat penting untuk mencegah penyebaran virus.

Banyak masyarakat Indonesia mulai dari remaja hingga dewasa mengabaikan protokol kesehatan yang membuat jumlah kasus COVID-19 di Indonesia tetap tinggi[4]. Ketika berhadapan dengan berbagai masalah kesehatan, remaja harus memahami virus dan kuman-kuman kecil yang dapat menyebabkan penyakit dan gangguan. Remaja yang belajar lebih banyak tentang virus akan berada dalam posisi yang lebih baik untuk melindungi diri mereka sendiri dan orang lain dari infeksi di masa depan. Namun, media pembelajaran yang menarik dan efektif masih diperlukan untuk menyampaikan informasi ini.

*Game* adalah suatu sistem di mana *player* berpartisipasi dalam konflik yang dihasilkan yang diatur oleh aturan dan menghasilkan hasil yang terukur[5]. *Game* memiliki peran yang penting sebagai sarana hiburan, Pendidikan maupun pelatihan bagi orang tua, muda, pria dan wanita, bahkan anak-anak[6]. *Game* banyak digemari karena dapat menjadi sarana hiburan yang menyenangkan. Namun dengan menambahkan unsur edukasi untuk bermain, secara langsung menambah pengetahuan penggunaannya[7]–[9]. Pembelajaran berbasis permainan telah terbukti meningkatkan keterlibatan, motivasi, berpikir kritis, dan keterampilan belajar. Pemain tidak merasa terbebani saat belajar karena dilakukan dengan cara yang menyenangkan[10]. Salah satu jenis *game* yang banyak digemari oleh *player game* adalah *Role Playing Game* (RPG), *Role Playing Game* (RPG) adalah sebuah genre yang memiliki unsur peran yang membuat seseorang merasa seperti menjadi seorang tokoh utama pada *game* tersebut[3]. Sebuah *game* RPG harus memiliki elemen-elemen dasar, termasuk cerita, karakter dan perkembangannya, arena, misi, *Non Playable Character*, dan sistem pertarungan[11][12].

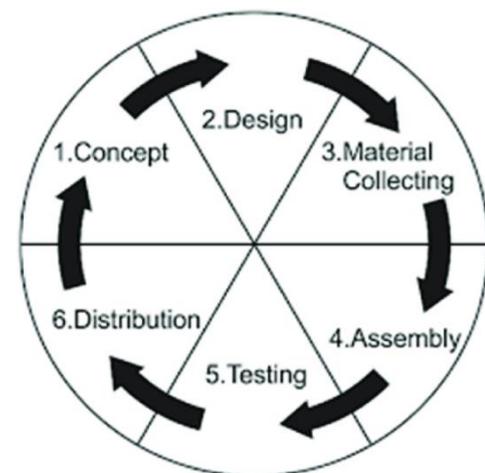
Penelitian sebelumnya membuat aplikasi *game* edukasi virus *corona* berbasis RPG *Side-Scrolling* menggunakan *game engine Unity 3D* yang memiliki kemampuan, *player* diberi tugas bertarung dengan berbagai virus dan menghindari banyak jebakan di sepanjang jalan untuk naik ke *stage* selanjutnya[3]. Sementara peneliti [13] membuat aplikasi *game* pengenalan virus *corona* berbasis RPG menggunakan *game engine RPG Maker* yang memiliki kemampuan *player* diharuskan melaksanakan misi cerita mencari item kunci yang terdapat pada tiap kota dan juga bertarung melawan virus. Berdasarkan studi literatur yang sudah dijelaskan belum ada aplikasi *game* pengenalan virus selain virus *corona* dengan genre RPG, sehingga dalam penelitian ini dikembangkan *game* untuk pengenalan berbagai jenis virus disertai nama dan pencegahannya berbasis RPG.

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan media pembelajaran edukasi

pengenalan jenis-jenis virus pada sebuah aplikasi *game android*. kemampuan dari *game* ini adalah untuk mengenalkan jenis-jenis virus dalam keseruan pertarungan aksi melawan virus dan mengetahui tingkat pemahaman remaja melalui skor yang didapat di akhir permainan. *Game* ini akan mempunyai fitur di mana *player* dapat berjalan keliling area map, bertarung menggunakan strategi melawan virus yang menyerang, pembelian item penyembuhan, menerima misi dan mencari kunci untuk melanjutkan *stage*, serta skor pemahaman yang didapat melalui *quiz*. RPG digunakan di dalam *game* ini karena memiliki unsur peran yang membuat seseorang merasa seperti menjadi seorang tokoh utama dan memasukkan cerita untuk mengenalkan berbagai jenis virus melalui percakapan dan misi yang diberikan[3].Manfaat dari penelitian pengembangan aplikasi *game* ini adalah diharapkan dapat menjadi media pembelajaran alternatif yang dapat diakses di mana dan kapan saja, Sehingga mempermudah akses dan meningkatkan efektivitas pembelajaran.

## 2. METODE PENELITIAN

Metodologi pengembangan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Siklus hidup pengembangan multimedia terdiri dari enam tahap: konsep, desain, pengumpulan bahan, penggabungan, pengujian, dan distribusi berdasarkan Gambar 1 [14].



Gambar 1. Tahapan Penelitian Menggunakan MDLC

Tahapan pada Gambar 1 dapat digunakan dalam pengembangan program pembelajaran pengenalan jenis-jenis virus dalam bentuk permainan yang menarik. Selain itu, media tersebut diharapkan dapat meningkatkan minat belajar pada remaja, sehingga pemahaman terhadap materi pembelajaran juga meningkat. Langkah-langkah dalam proses pengembangan MDLC dijelaskan sebagai berikut.

### 2.1 Konsep

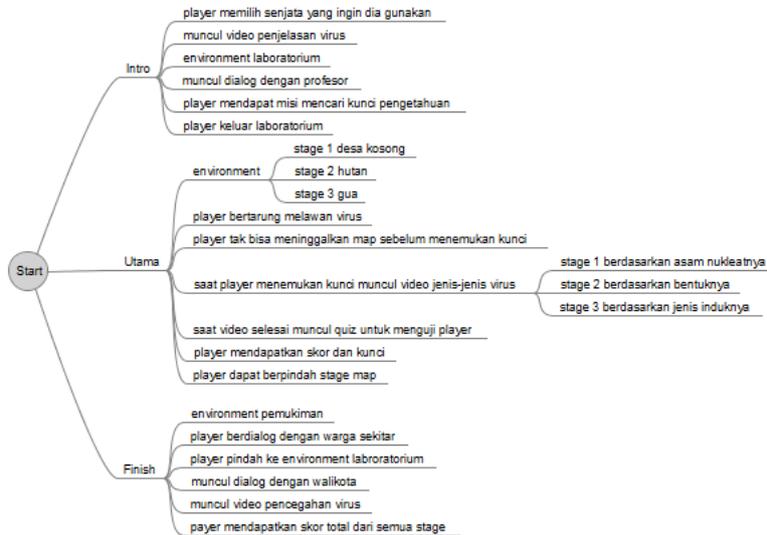
Perancangan Konsep bertujuan agar aplikasi yang dikembangkan memiliki kejelasan dalam penyampaian materi pengenalan jenis-jenis virus. Aplikasi *game* yang

berjudul "V-Fight" ini memiliki konsep di mana *player* akan bermain dan mempelajari jenis-jenis virus yang berbeda di setiap *stage*. *Player* harus menggunakan strategi dan kecepatan reaksi untuk mengalahkan virus dan menjawab kuis yang muncul ketika mengambil *key item*. Aplikasi *game* ini ditujukan untuk para remaja dan orang lain yang ingin menambah wawasan tentang jenis-jenis virus. Aplikasi *game* ini diimplementasikan pada platform

*android* sehingga dapat dimainkan di mana pun dan kapan pun.

### 2.2 Desain

Desain mekanisme pada aplikasi *game* dirancang sesuai dengan skenario yang telah dibuat untuk memberikan gambaran alur permainan [15]. Rancangan skenario dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Skenario

Pada bagian intro *player* memilih senjata yang akan digunakannya dalam perjalanan cerita, setelah itu akan muncul video penjelasan mengenai virus dan misi mencari kunci akan muncul setelah *player* melakukan dialog. Saat bergerak ke *stage* pertama *player* akan menghadapi berbagai virus yang menyerang saat mencari kunci di peta, begitu juga dengan *stage* selanjutnya. Ketika *player* mendapatkan kunci, maka akan muncul video berbagai jenis virus pada setiap *stage* dan kemudian muncul kuis untuk menguji *player*. pemahaman materi oleh remaja dapat diukur melalui skor akhir dengan seberapa banyak *player* yang menjawab dengan benar.

### 2.3 Pengumpulan bahan

Mengumpulkan bahan-bahan yang diperlukan seperti desain karakter yang akan digunakan dalam *game*. desain karakter tersebut antara lain karakter *Player*, Akmal, Dini, Rehan, Pelulu, Nenek, Profesor, Walikota, Influenza, Adenovirus, dan Coronavirus ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter

Nama karakter	Gambar
Player	
Akmal	

Nama karakter	Gambar
Dini	
Rehan	
Pelulu	
Nenek	
Profesor	
Walikota	
Influenza	
Adenovirus	
Coronavirus	

### 2.4 Penggabungan

Menggabungkan bahan-bahan yang telah dikumpulkan berdasarkan tahap perancangan. Aplikasi *game* pengenalan

jenis-jenis virus ini diprogram dengan menggunakan *engine* godot. Aset-aset disatukan dengan *script* bahasa *gdscript* dan sistem kontrol *player* dirancang menggunakan metode *finite state machine*.

## 2.5 Pengujian

Pengujian dilakukan ketika proses pengembangan aplikasi *game* telah selesai dilakukan, dan selanjutnya aplikasi *game* ini akan diuji dengan tujuan untuk menguji validitas dari aplikasi *game* yang dikembangkan. pengujian menggunakan *Technology Acceptance Model* (TAM) dengan cara memberikan kuesioner kepada 35 responden pemain *game* dan memberikan penilaian kuesioner yang melibatkan 4 aspek, yaitu *perceived usefulness* (PU), *perceived ease of use* (PEOU), *behavioral intention* (BI), dan *attitude toward use* (ATU). Instrumen penelitian yang diperoleh akan dihitung validitasnya dengan uji validitas perhitungan *corrected item-total correlation*.

## 2.6 Distribusi

Pendistribusian aplikasi *game* akan dilakukan setelah aplikasi *game* tersebut layak untuk digunakan sebagai media pengenalan jenis-jenis virus kepada remaja. Langkah ini merupakan bagian akhir dari proses pengembangan aplikasi *game*, di mana fokus utamanya adalah memastikan bahwa aplikasi *game* tersebut dapat dengan mudah diakses oleh target pengguna.

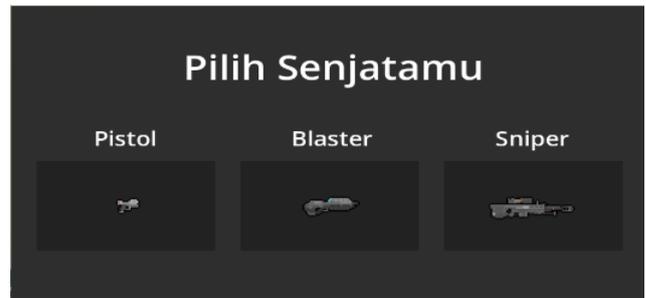
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Game* pengenalan jenis-jenis virus untuk remaja berbasis RPG ini dibangun menggunakan *Godot engine*. Halaman menu utama merupakan tampilan awal ketika baru membuka *game*. Halaman menu utama memiliki tombol-tombol yang terdiri dari tombol *new game* untuk memulai permainan, tombol pengaturan untuk mengatur suara, tombol *about* untuk melihat profil pengembang, dan tombol *exit* untuk keluar dari permainan. Halaman menu utama dapat dilihat pada Gambar 3.



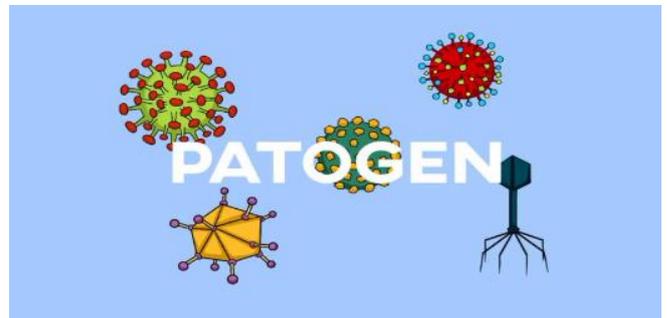
Gambar 3. Halaman utama

Halaman pilih senjata menampilkan pilihan senjata yang nantinya digunakan untuk melawan virus. *Player* dapat memilih pistol untuk kecepatan menembak, *blaster* untuk kerusakan area dan *sniper* untuk jarak serangan yang jauh. Halaman pilih senjata dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Halaman Pilih Senjata

Halaman intro menampilkan *cutscene* penjelasan singkat mengenai definisi virus, dapat dilihat pada Gambar 5. Setelah itu, akan memasuki halaman misi muncul yang di mana terdapat dialog bersama dengan profesor. Setelah dialog selesai, *player* menerima misi mencari kunci di setiap *stage* dan menyerahkannya ke walikota. Halaman menerima misi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Halaman Intro



Gambar 6. Halaman Misi

Halaman map menampilkan sebuah area *stage* yang mempunyai banyak virus, *player* diharuskan melawan virus menggunakan senjata yang dia pilih dan mencari kunci. Area *stage* map terdiri dari 3 area *stage* dan masing-masing memiliki kunci yang harus dicari sebagai syarat untuk pindah ke map berikutnya. Halaman map *stage* 1 dapat dilihat pada Gambar 7, Halaman map *stage* 2 dapat dilihat pada Gambar 8 dan Halaman map *stage* 3 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 7. Halaman Map Stage 1

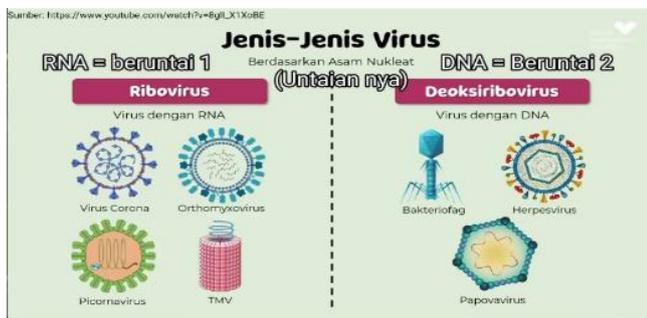


Gambar 8. Halaman Map Stage 2



Gambar 9. Halaman Map Stage 3

Halaman *cutscene* utama muncul saat *player* akan mengambil kunci yang berada di map *stage*. Halaman *cutscene* utama menampilkan *cutscene* jenis-jenis virus yang berganti materi setiap berganti *stage*, dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Halaman *Cutscene* Utama

Halaman *quiz* muncul saat halaman *cutscene* utama berakhir. Halaman *quiz* menampilkan pertanyaan-pertanyaan yang sesuai dengan *cutscene* yang muncul pada *stage* saat ini dapat dilihat pada Gambar 11 menghasilkan

*score* yang berdasarkan jawaban yang benar dari pertanyaan tersebut. Hasil dari *quiz* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Halaman *Quiz*



Gambar 12. Halaman *Score*

Halaman map final bisa diakses setelah *player* mengumpulkan 3 kunci dari setiap *stage*. *Player* dapat berinteraksi dengan para warga di sana dan bertanya arah untuk bertemu walikota dan menyerahkan misi kunci tersebut. Halaman map final dapat dilihat pada Gambar 13. Pada saat bertemu wali kota, *player* akan menyerahkan semua kunci yang didapat dari *stage-stage* sebelumnya yang dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Halaman *Map Final*



Gambar 14. Halaman *Menyerahkan Misi*

Halaman *cutscene* final muncul setelah dialog *player* dengan profesor di mana akan menampilkan *cutscene* pencegahan penularan virus. Halaman *cutscene* final dapat dilihat pada Gambar 15. Setelah itu, menampilkan total *score* yang didapat dari setiap *quiz* yang diselesaikan oleh *player*, Halaman hasil dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 15. Halaman *Cutscene Final*



Gambar 16. Halaman Hasil

**Testing:** Uji validitas instrumen dalam penelitian ini dilakukan dengan menghitung korelasi antara nilai masing-masing instrumen penelitian dengan nilai keseluruhan instrumen untuk variabel tertentu. Instrumen penelitian yang mencapai nilai lebih besar dari 0,334 dapat dinyatakan valid ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Uji Validitas

Code	Corrected item-total correlation	Level of significane 5%	Score	Validity
PU1	0,610	0,334	73,71%	VALID
PU2	0,805	0,334	75,43%	VALID
PU3	0,756	0,334	78,29%	VALID
PEOU1	0,684	0,334	76,00%	VALID
PEOU2	0,734	0,334	72,57%	VALID
PEOU3	0,539	0,334	73,71%	VALID
BI1	0,825	0,334	81,14%	VALID
BI2	0,787	0,334	76,00%	VALID
BI3	0,740	0,334	76,57%	VALID
ATU1	0,652	0,334	78,29%	VALID

Code	Corrected item-total correlation	Level of significane 5%	Score	Validity
ATU2	0,791	0,334	75,43%	VALID
ATU3	0,555	0,334	79,43%	VALID

Hasil dari uji validitas menunjukkan tanggapan positif dengan skor total rata-rata 76,38% dari 4 aspek uji validasi TAM, sehingga aplikasi *game* pengenalan jenis-jenis virus berbasis RPG dikategorikan sebagai layak.

Aplikasi *game* pengenalan jenis-jenis virus berbasis RPG dikembangkan menggunakan metode *Stage* (MDLC) dengan 6 tahapan meliputi concept, desain scenario menggunakan software freemind, material collecting berupa asset karakter, audio, video, dan environment map, assembly semua material, desain dan script menggunakan software Godot Engine, melakukan uji coba aplikasi dan menjadikannya produk dalam bentuk format apk untuk dilakukan distribution. uji validasi oleh 35 responden terkait dengan mencoba memainkan *game* pengenalan jenis virus mendapatkan respon positif dengan total nilai 76,38% dari 4 aspek uji coba TAM yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi *game* pengenalan jenis-jenis virus yang telah dikembangkan telah memenuhi hampir seluruh aspek uji coba sehingga dikategorikan sebagai layak dan efektif dalam meningkatkan pengetahuan remaja tentang berbagai jenis virus dan cara pencegahannya. Skor yang diperoleh dari *quiz* menunjukkan bahwa pemain dapat memahami materi yang disampaikan dalam *game*.

Responden memberikan pendapat tentang aplikasi *game* yang telah dibuat bahwa memainkan aplikasi *game* V-Fight sangat mengasyikkan dengan tema bit RPG yang seru. Responden dapat mempelajari jenis-jenis virus dengan materi yang disusun dengan baik, sehingga lebih efektif sebagai media belajar bagi remaja. Namun, ada beberapa masukan dari responden yang perlu diperhatikan. Beberapa masalah yang diidentifikasi meliputi kurangnya informasi dalam tutorial dan terlalu tingginya serangan virus pada map *stage* 1. Oleh karena itu, disarankan untuk menambahkan tutorial yang lebih mendetail dan interaktif, menggunakan visualisasi dan animasi untuk menjelaskan mekanisme permainan dan cara bermain yang efektif. Selain itu, tingkat kesulitan pada awal permainan perlu ditinjau ulang dengan mengurangi jumlah atau kekuatan serangan virus di *stage* 1, serta menambahkan opsi penyesuaian kesulitan (*easy, medium, hard*) sehingga pemain dapat memilih sesuai kemampuan mereka. *Games* pengenalan jenis-jenis virus yang telah dikembangkan mendapat komentar positif dan layak dipergunakan.

Produk yang dikembangkan pada penelitian ini berupa aplikasi *game* pengenalan jenis-jenis virus berbasis RPG yang dapat dimainkan di *android* dengan kemampuan dapat menjadi sarana pembelajaran pengenalan jenis-jenis virus

pada remaja. *Game* ini berpotensi besar sebagai alat bantu pembelajaran yang menarik bagi remaja. Dengan menggabungkan unsur permainan dan edukasi, *game* ini dapat meningkatkan minat belajar remaja dalam memahami materi yang mungkin sulit atau membosankan jika disampaikan secara konvensional. *Game* ini juga dapat digunakan sebagai media pembelajaran alternatif di sekolah-sekolah untuk materi biologi atau kesehatan. *Game* ini juga dapat berperan dalam meningkatkan kesadaran. Dengan memahami cara kerja dan pencegahan virus, remaja dapat lebih bertanggung jawab dalam menjaga kesehatan diri dan lingkungan sekitarnya. Dengan implementasi saran-saran yang didapat, diharapkan aplikasi *game* ini dapat lebih memenuhi kebutuhan edukatif dan hiburan pemain, serta meningkatkan kepuasan pengguna secara keseluruhan.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan uji coba yang dilakukan, aplikasi *game* pengenalan jenis-jenis virus berbasis RPG yang dikembangkan layak digunakan sebagai alternatif sarana media pembelajaran pengenalan jenis-jenis virus bagi remaja. Hal ini dibuktikan melalui Uji validasi menggunakan *Technology Acceptance Model* (TAM) terhadap 35 responden dengan total 76,38% respons positif pada 4 tahap uji coba yang dilakukan. Penelitian lebih lanjut dengan memperbanyak *quiz* dan antarmuka pemain yang perlu diperbarui agar lebih intuitif dan responsif, serta sistem *online rank score* yang memotivasi pemain untuk menjadi yang terbaik dan menambah semangat untuk terus belajar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. H. Saputri and F. Ferawati, "Development of *Game* Recognition Covid-19 Variants, Symptoms, and Vaccinations Based on RPG," *Sinkron*, vol. 7, no. 4, pp. 2241–2247, 2022, doi: 10.33395/sinkron.v7i4.11584.
- [2] D. R. A. U. Khasanah, H. Pramudibyanto, and B. Widuroyeki, "Education in the Time of the Covid-19 Pandemic," *J. Sinestesia*, vol. 10, no. 1, pp. 41–48, 2020.
- [3] D. Riadi, "Perancangan *Game* RPG (Role Playing Game) 'SIGNA' Berbasis Android," Universitas Islam Riau, 2022.
- [4] R. A. Tanjung, F. Damayanti, and S. Sundari, "Perancangan Aplikasi *Game* Edukasi Covid-19 'Escape From Virus,'" *Snastikom*, pp. 295–302, 2021.
- [5] Katie Salen and E. Zimmerman, *Rules of play: game design fundamentals*. MIT Press, 2003.
- [6] M. Yunus, I. F. Astuti, and D. M. Khairina, "Game Edukasi Matematika Untuk Sekolah Dasar," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 2, p. 59, 2015, doi: 10.30872/jim.v10i2.192.
- [7] D. Prayoga, Lili Rusdiana, and Fenroy Yedithia, "Pengembangan *Game* 2D Platformer 'Virus Must Die' Berbasis Android Menggunakan Unity," *J. SAINTEKOM*, vol. 12, no. 2, pp. 200–209, 2022, doi: 10.33020/saintekom.v12i2.340.
- [8] A. V. Vitianingsih, "Game Edukasi Sebagai Media Pembelajaran PAUD," *J. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2016.
- [9] A. V. Vitianingsih, A. Firmansyah, A. L. Maukar, A. Choiron, and D. Cahyono, "Pengembangan Aplikasi *Game* Edukasi Sejarah Sunan Kalijaga Berbasis Android," *JKTP J. Kaji. Teknol. Pendidik.*, vol. 6, no. 1, p. 001, 2023, doi: 10.17977/um038v6i12023p001.
- [10] U. Umair and H. A. Tawakal, "Pengembangan Aplikasi Permainan Pembelajaran Matematika menggunakan Model-Driven *Game* Development," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 7, no. 1, pp. 39–44, Jul. 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i1.346.
- [11] W. Wibawanto, *Game Edukasi RPG (Role Playing Game)*. LPPM UNNES, 2020.
- [12] S. D. Prasetyo, A. V. Vitianingsih, A. Choiron, D. Cahyono, and A. Wikaningrum, "Aplikasi *Game* Simulasi 3D Pencegahan Bullying Anak Remaja Berbasis Role Playing Menggunakan Metode FSM dan BT," *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Kompute*, vol. 4, no. 6, pp. 2803–2812, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i6.1901.
- [13] R. E. Fitriyani and S. Nita, "Implementasi *Game* Edukasi 'BaCovi' Basmi Covid Berbasis Android dengan RPG Maker Engine," *prosiding.unipma.ac.id*, pp. 507–519, 2021.
- [14] R. Arpiansah, Y. Fernando, and J. Fakhrurozi, "Game Edukasi VR Pengenalan dan Pencegahan Virus Covid-19 Menggunakan Metode MDLC untuk Anak Usia Dini," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 88–93, Jul. 2021, doi: 10.33365/JTSI.V2I2.867.
- [15] I. N. Sukajaya, A. V. Vitianingsih, S. N. S. Mardi, K. E. Purnama, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Multi-parameter dynamic difficulty game's scenario using Box-Muller of Gaussian distribution," in *2012 7th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, 2012, pp. 1666–1671. doi: 10.1109/ICCSE.2012.6295384.



## TRANSFORMASI PELAYANAN MASYARAKAT MELALUI WEBSITE KAMPUNG MALASIGIT SEBAGAI INOVASI BERBASIS TI

Matheus Supriyanto Rumetna<sup>1</sup>, Charliany Hetharia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sistem Informasi, Universitas Victory Sorong

<sup>2</sup>Akuntansi, Universitas Victory Sorong

Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia 98416

matheus.rumetna@gmail.com, janethnadin270416@gmail.com

### Abstract

*Malasigit Village is improving in terms of development and community services. The dissemination of information is still a significant problem; the information provided sometimes needs to reach the community. For example, health services related to the village community still need to be more efficient because sometimes the information provided by the assistant health center regarding health checks does not reach the village community. Another problem is related to the community's agricultural products; the condition that occurs is that agricultural products must be taken to be sold to the city, which is  $\pm 30$  km away and the understanding of village officials in the IT field, namely the use of computer devices and their applications. For this reason, village development is needed through IT, in this case, a website-based village information system to help village officials deliver transparent and efficient village information, providing service facilities/containers for farmers to promote their agricultural products to improve community services. This study uses the Waterfall method, website modelling using case diagrams and activity diagrams, which produce a home menu, profile, structure, facilities, news, information, gallery and contact.*

**Keywords:** information systems, information technology, service transformation, village development, village website.

### Abstrak

Kampung Malasigit sedang berbenah dalam hal pembangunan dan pelayanan kepada masyarakat. Penyebaran informasi masih menjadi masalah utama, informasi yang diberikan terkadang tidak sampai kepada masyarakat. Contohnya terkait pelayanan kesehatan kepada masyarakat kampung yang belum efisien, karena kadang informasi yang diberikan oleh pihak Puskesmas pembantu terkait adanya pemeriksaan kesehatan tidak sampai kepada masyarakat kampung. Permasalahan lainnya terkait hasil pertanian masyarakat, kondisi yang terjadi adalah hasil pertanian harus dibawa untuk dijual ke kota yang berjarak jauh  $\pm 30$  km serta pemahaman aparatur kampung dalam bidang TI yaitu penggunaan perangkat komputer dan aplikasinya. Untuk itu diperlukan adanya pengembangan kampung melalui pemanfaatan TI dalam hal ini sistem informasi kampung berbasis *website* agar membantu aparatur kampung dalam penyampaian informasi kampung yang transparan dan efisien, memberikan fasilitas layanan/wadah bagi para petani untuk mempromosikan hasil pertaniannya sehingga meningkatkan pelayanan masyarakat. Penelitian ini menggunakan metode *Waterfall*, pemodelan *website* menggunakan diagram *use case* dan *diagram activity*, yang menghasilkan menu beranda, profil, struktur, fasilitas, berita, informasi, galeri serta kontak.

**Kata kunci:** Pengembangan kampung, sistem informasi, teknologi informasi, transformasi pelayanan, *website* kampung.

### 1. PENDAHULUAN

Provinsi Papua Barat Daya merupakan provinsi yang baru didirikan pada tahun 2022 berdasarkan Undang-Undang Nomor 29 Tahun 2022. Pembentukan Provinsi Papua Barat Daya bersama tiga Daerah Otonom Baru (DOB) lainnya di Papua merupakan bagian dari upaya mempercepat pemerataan pembangunan dan kesejahteraan masyarakat Papua. Wilayah Provinsi Papua Barat Daya terdiri dari Kabupaten Sorong, Kabupaten Sorong Selatan, Kabupaten

Raja Ampat, Kabupaten Tambrauw, Kabupaten Maybrat dan Kota Sorong [1], [2]. Sebagai Provinsi baru, maka Papua Barat Daya harus segera berbenah agar tidak tertinggal dari provinsi lainnya.

Kabupaten Sorong sedang giat-giatnya membangun, memperbaiki dan meningkatkan infrastruktur maupun pelayanan serta kesejahteraan kepada masyarakat [1], [3], [4], [5], [6]. Kabupaten Sorong memiliki kampung yang

telah lama berdiri maupun kampung yang mengalami pemekaran demi terwujudnya kampung yang baru agar pelayanan kepada masyarakat lebih merata [4], [7]. Kampung memiliki karakteristik dalam hubungan keakraban dan kekeluargaan antar sesama manusia [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Kampung Malasigit merupakan kampung tertua di Distrik Malabotom. Dulunya, distrik ini memiliki 5 kampung, namun adanya perubahan oleh pemerintahan terkait pemekaran distrik yang mengharuskan 1 distrik terdiri dari 9 kampung, maka Kampung Malasigit mengalami pemekaran menjadi 4 kampung. Saat ini Distrik Malabotom memiliki 9 kampung yaitu, Klagulu, Klamugun, Klasman, Magatarum, Malajapa, Malamoja, Malasigit, Marik May, dan Tanah Tinggi. Kampung Malasigit juga termasuk dalam 20 kampung yang menjadi percontohan untuk laporan kementerian.

Kampung Malasigit sangat fokus dalam pengelolaan pemerintah kampung. Kampung ini sedang berbenah dalam hal pembangunan dan pelayanan kepada masyarakat. Kampung ini kini dipimpin oleh Ibu Oktaviana Maria Blesia, S.IP., selaku Pj. Kepala Kampung, sebelumnya dipimpin oleh Bapak Abraham Pattiwael. Adapun fasilitas yang terdapat pada kampung Malasigit diantaranya Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Pustu, rumah ibadah, pos 3 pilar, dan kantor desa.

Kehidupan bermasyarakat di kampung Malasigit sangat baik, terlihat dari sikap gotong royong sesama masyarakat dan juga toleransi beragama. Perekonomian masyarakat di Kampung Malasigit sangat bergantung pada sektor pertanian, hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat kampung memiliki mata pencaharian sebagai petani. Hasil tani berupa sayur dan buah oleh masyarakat dijual ke kota atau penadah.

Kondisi Kampung Malasigit saat ini berdasarkan pemaparan dari Kepala Kampung bahwa penyebaran informasi kepada masyarakat masih melalui mulut ke mulut, serta ditempel di papan pengumuman pada kantor desa, hal ini menyebabkan informasi yang disampaikan tidak merata, apalagi jika masyarakat yang tinggal jauh dari kantor desa. Selanjutnya terkait hasil pertanian masyarakat, kondisi yang terjadi adalah hasil pertanian harus dibawa untuk dijual ke kota yang berjarak jauh  $\pm$  30 km dan belum tentu terjual habis, atau jika ada penadah yang membeli maka dapat terjual dan itu pun dijual dengan harga yang murah. Kemudian pelayanan kesehatan kepada masyarakat kampung juga belum efisien karena kadang informasi yang diberikan oleh pihak Puskesmas pembantu (Pustu) terkait adanya pemeriksaan kesehatan tidak sampai kepada masyarakat kampung. Informasi sensitif terkait pengelolaan dana desa maupun pembangunan oleh aparat kampung tidak sampai kepada warga. Permasalahan lainnya terkait pemahaman aparat kampung dalam bidang Teknologi

Informasi (TI) yaitu penggunaan perangkat komputer dan aplikasinya.

Adapun penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rumetna MS, dan Lina TN., terkait masalah belum adanya informasi spesifik dan lengkap tentang yang menonjolkan keindahan alam, kearifan lokal dan budaya, sehingga memerlukan sebuah media yang dapat memberikan informasi terkait hal tersebut. Hasilnya berupa *website* kampung wisata Arborek sebagai media penyebaran informasi [14].

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu adanya pengembangan kampung melalui pemanfaatan TI dalam hal ini sistem informasi kampung berbasis *website* agar membantu aparat kampung dalam penyampaian informasi kampung yang transparan dan efisien [15], [16], [17], [18], memberikan fasilitas layanan/wadah bagi para petani untuk mempromosikan hasil pertaniannya sehingga meningkatkan pelayanan masyarakat di Kampung Malasigit [19], [20]. Selain itu dari segi teknologi, penelitian yang diusulkan ini menggunakan *framework Laravel* sebagai kebaruan dan tentu saja berbeda dengan penelitian sebelumnya yang telah disebutkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Waterfall*. Tahapan *Waterfall* dimulai dari komunikasi, perencanaan, pemodelan, konstruksi, dan penyerahan sistem informasi (lihat Gambar 1). Adapun uraian dari masing-masing tahapan sebagai berikut [21], [22], [23], [24]:

### 1) Komunikasi

Tahapan komunikasi adalah aktivitas membangun komunikasi yang efektif dengan pengguna sekaligus sebagai cara pengumpulan data. Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara bersama narasumber yaitu Bapak Abraham Pattiwael (mantan Kepala Kampung) dan Bapak Roy Susanto (Sekretaris Kampung). Komunikasi yang baik dapat mempermudah proses pengumpulan data.

### 2) Perencanaan

Perencanaan merupakan praktik manajemen dan teknis dalam pembuatan *website* yang meliputi estimasi waktu dan rincian pekerjaan dalam penelitian serta perancangan *website* [25], [26], [27]. Waktu yang diperlukan dalam perencanaan yaitu 3 bulan. Selanjutnya, perancangan *website* dilakukan dengan menggunakan *Balsamiq*.

### 3) Pemodelan

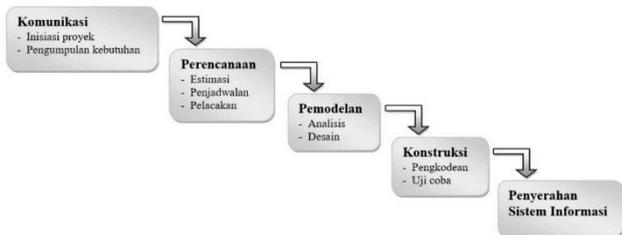
Perancangan model *website* menggunakan diagram UML, yang meliputi diagram *use case* dan diagram *activity*. *Use case* menunjukkan hubungan antara pengguna dan sistem yang dirancang. *Activity diagram* menggambarkan proses atau aktivitas yang terjadi dalam sistem. Adapun pengguna sistem yaitu admin dan pengunjung.

4) Konstruksi

Konstruksi merupakan tahapan koding program, dengan mengimplementasikan *framework Laravel* untuk memudahkan pembuatan *website*. Sebelum sistem diserahkan ke pihak Kampung Malasigit, maka dilakukan pengujian *website* menggunakan *black box testing*. *Black box testing* digunakan untuk melihat apakah ada fungsi yang *error* atau tidak.

5) Penyerahan Sistem Informasi

Setelah *website* Kampung Malasigit selesai dibangun dan diuji, maka dilakukan pelatihan dan pendampingan. Pelatihan dan pendampingan penggunaan *website* ditujukan kepada aparatur kampung yang akan mengelola *website* ini. Setelah semua pelatihan berakhir, maka sistem ini diberikan kepada aparatur Kampung Malasigit untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Gambar 1. Tahapan Metode Waterfall

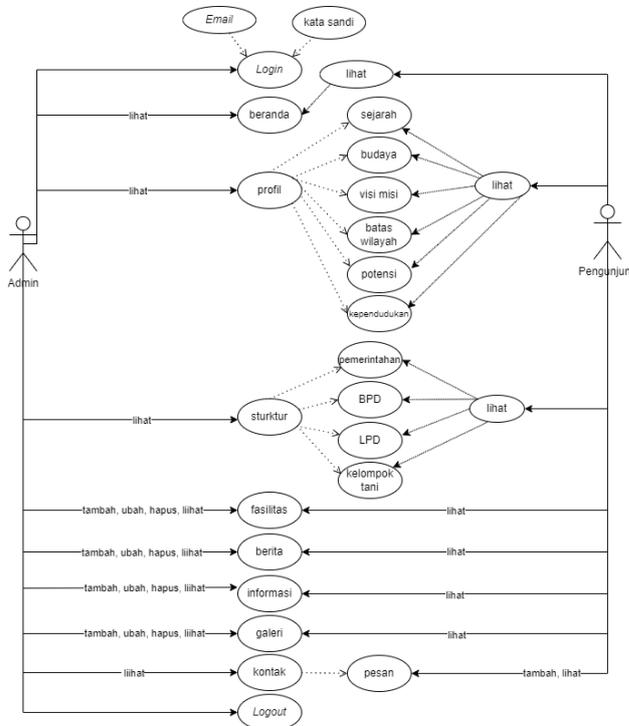
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komunikasi telah dilakukan dan memperoleh data diantaranya profil kampung meliputi alamat kampung, sejarah kampung, budaya kampung, visi misi kampung, batas wilayah, potensi kampung dalam hal ini potensi bidang pertanian, kependudukan, struktur organisasi (pemerintahan kampung, BPD, LPD hingga kelompok tani). Kemudian data fasilitas kampung, berita terkait kegiatan yang telah diikuti oleh aparatur kampung, informasi kampung, dan kontak.

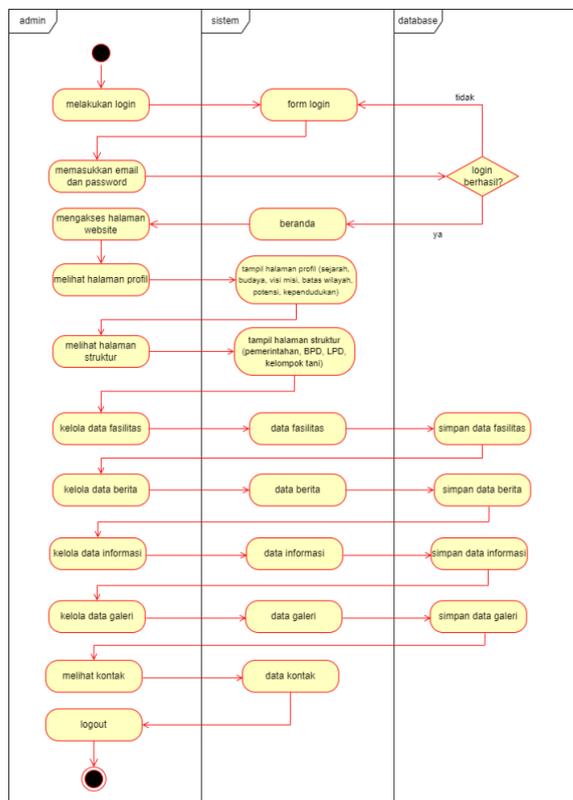
Data yang diperoleh dari hasil komunikasi kemudian digunakan untuk perancangan *website* dengan alat bantu yaitu aplikasi Balsamiq. Perancangan ini menghabiskan waktu sekitar 14 hari, karena kendala jarak kampung yang jauh dan perlu menjelaskan kepada aparatur kampung mengenai fungsi dari tiap perancangan yang ada secara *face to face*. Setelah perancangan telah disepakati bersama, maka tahapan berikutnya yaitu pemodelan *website*.

Tahapan pemodelan menggunakan diagram *use case* dan diagram *activity*. Dalam pemodelan dibuatlah dua aktor yang dapat mengakses *website*, aktor pertama ialah admin yang dapat melakukan *login*, kemudian dapat melihat beranda, profil yang di dalamnya berisi sejarah, budaya, visi misi, batas wilayah, potensi, dan kependudukan. Lalu melihat struktur yang berisi struktur pemerintahan, BPD, LPD dan kelompok tani. Untuk fasilitas, berita, informasi, galeri, admin dapat mengelolanya dengan aksi tambah,

ubah, hapus serta lihat. Sedangkan kontak, admin hanya dapat melihat, setelah itu admin dapat melakukan *logout*. Untuk aktor kedua ialah pengunjung, dapat mengakses *website* untuk melihat beranda, profil, struktur, fasilitas, berita, informasi, galeri. Sedangkan untuk kontak, pengunjung dapat menambah pesan, dan juga melihatnya. Hal ini secara jelas dapat dilihat pada Gambar 2.



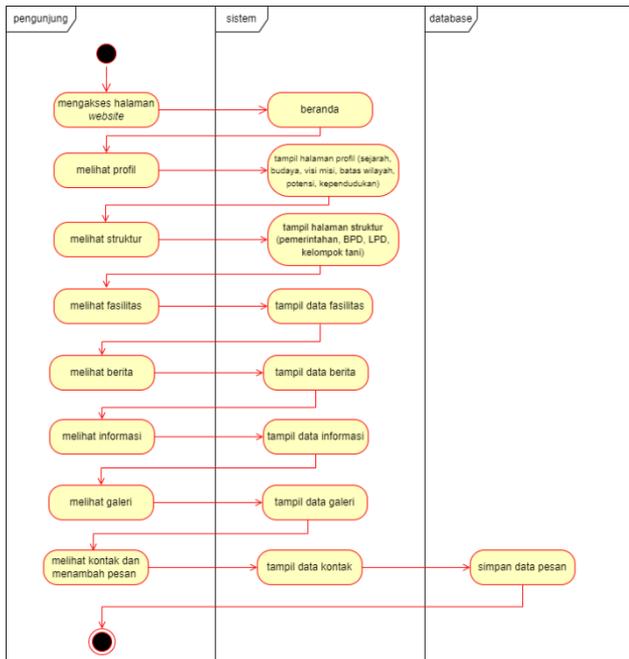
Gambar 2. Diagram Use Case



Gambar 3. Diagram Activity Admin

Diagram *activity* dibagi menjadi dua yaitu diagram *activity* admin dan *activity* pengunjung. Admin melalui Gambar 3 terlihat bahwa aktivitasnya di dalam *website* yaitu melakukan *login*, melalui *form login* dengan memasukkan *email* serta kata sandi yang telah disimpan sebelumnya. Jika berhasil maka admin dapat mengakses halaman *website*. Halaman pertama ialah beranda, kemudian melihat data profil melalui halaman profil. Admin juga dapat melihat data struktur melalui halaman struktur (pemerintahan, BPD, LPD, dan kelompok tani). Setelah itu mengelola data fasilitas, mengelola data berita, mengelola informasi, mengelola data galeri, semua data yang dikelola admin akan disimpan dalam *database*. Admin juga dapat melihat kontak dan melakukan *logout*.

Aktivitas pengunjung di dalam *website* dapat terlihat dengan jelas melalui Gambar 4 yaitu pengunjung dapat mengakses *website* melalui halaman beranda, melihat profil, melihat profil, melihat struktur, melihat fasilitas, melihat berita, melihat informasi, melihat galeri, dan yang terakhir yaitu melihat kontak serta mengisi pesan melalui *form* pesan dan akan tersimpan di dalam *database*.



Gambar 4. Diagram Activity Pengunjung

Pemodelan *website* telah selesai saatnya tahapan konstruksi. Agar tampilan *website* menarik dan responsif maka digunakan *framework Laravel*. Tahapan konstruksi ini memerlukan waktu kurang lebih 18 hari. Hasil dari tahapan ini dapat dilihat melalui tampilan *website* berikut ini:



Gambar 5. Halaman Beranda

Halaman Beranda pada Gambar 5 dapat menampilkan semua menu dan fitur yang terdapat di dalam *website*. Mulai dari menu beranda, profil, struktur, fasilitas, berita, informasi, galeri, dan kontak.



Gambar 6. Halaman Sejarah

Gambar 6 yaitu halaman sejarah yang dapat diakses melalui sub menu sejarah bagian dari menu profil. Pada halaman ini menampilkan sejarah singkat dari Kampung Malasigit.



Gambar 7. Halaman Budaya

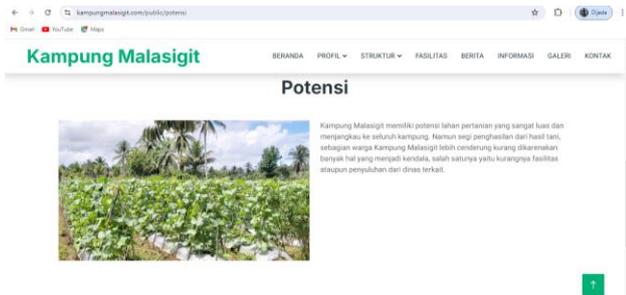


Gambar 8. Halaman Visi Misi



Gambar 9. Halaman Batas Wilayah

Halaman budaya pada Gambar 7 menampilkan budaya yang ada di Kampung Malasigit. Halaman ini diakses melalui sub menu budaya yang menjadi bagian dari menu profil. Gambar 8 halaman visi misi yang menampilkan visi dan misi dari Kampung Malasigit, dapat diakses melalui sub menu visi misi bagian dari menu profil. Halaman batas wilayah pada Gambar 9 akan tampil dengan cara mengakses sub menu batas wilayah bagian dari menu profil. Dapat dilihat bahwa halaman ini menampilkan batas wilayah dari Kampung Malasigit.



Gambar 10. Halaman Potensi

Halaman potensi pada Gambar 10 berisi narasi singkat potensi dari Kampung Malasigit, halaman ini berada pada sub menu potensi bagian dari menu profil.



Gambar 11. Halaman Kependudukan

Gambar 11 halaman kependudukan menampilkan data dan penjelasan singkat terkait kependudukan yang ada di Kampung Malasigit. Halaman ini akan muncul jika memilih menu profil, lalu pilih sub menu kependudukan.



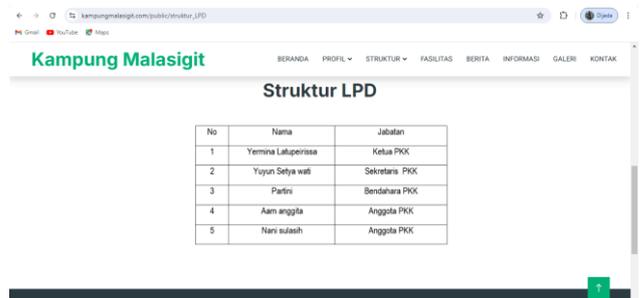
Gambar 12. Halaman Struktur Pemerintahan

Halaman struktur pemerintahan pada Gambar 12 berisi tentang struktur pemerintahan Kampung Malasigit. Halaman ini dapat diakses melalui sub menu pemerintahan pada menu struktur.



Gambar 13. Halaman Struktur BPD

Gambar 13 berisi struktur BPD Kampung Malasigit, halaman ini akan muncul jika mengakses sub menu BPD pada menu struktur.

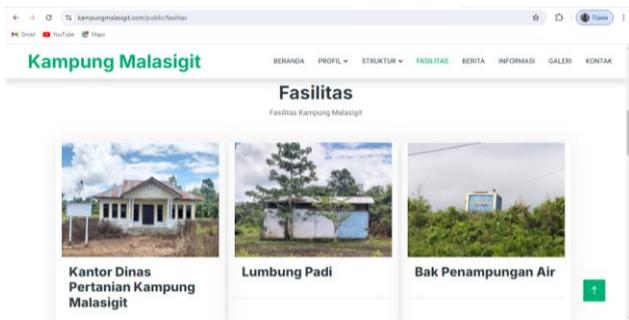


Gambar 14. Halaman Struktur LPD

Halaman struktur LPD Kampung Malasigit dapat dilihat melalui Gambar 14. Halaman ini diakses melalui sub menu LPD pada menu struktur.



Gambar 15. Halaman Struktur Kelompok Tani



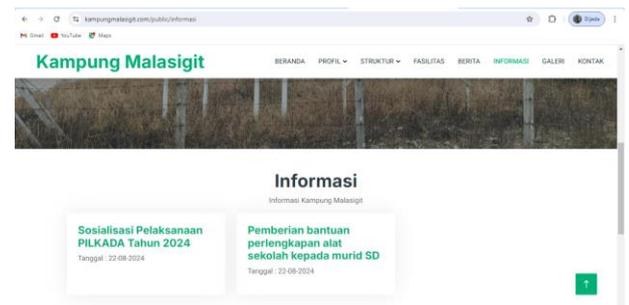
Gambar 16. Halaman Fasilitas

Halaman struktur kelompok tani pada Gambar 15 berisi struktur kelompok tani beserta narasi terkait kelompok tani yang ada di Kampung Malasigit. Halaman ini akan muncul jika mengakses sub menu kelompok tani pada menu struktur. Halaman fasilitas pada Gambar 16 berisi fasilitas yang ada di Kampung Malasigit. Halaman ini dapat diakses melalui menu fasilitas.



Gambar 17. Halaman Berita

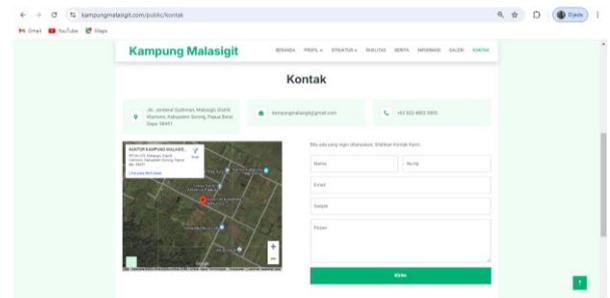
Gambar 17 menampilkan halaman berita yang berisi berita terkait Kampung Malasigit. Berita-berita ini adalah kegiatan yang dilakukan atau diikuti oleh aparaturnya Kampung Malasigit. Cara mengaksesnya melalui menu berita.



Gambar 18. Halaman Informasi



Gambar 19. Halaman Galeri



Gambar 20. Halaman Kontak

Halaman informasi pada Gambar 18 berisi informasi yang akan dilakukan di Kampung Malasigit atau kegiatan yang akan diikuti oleh warga kampung. Halaman ini akan tampil jika mengakses menu informasi. Foto atau dokumentasi berupa gambar dapat dilihat melalui menu galeri seperti yang ditampilkan pada Gambar 19. Halaman kontak pada Gambar 20 menampilkan alamat kampung, email, no telepon, dan peta letak Kampung Malasigit. Terdapat pula form pesan yang dapat digunakan oleh pengunjung untuk mengirim pesan.

Sebelum diserahkan kepada aparaturnya Kampung Malasigit, maka website yang telah dibangun harus dilakukan uji coba untuk melihat apakah ada fungsi yang error atau tidak. Secara detail hasil uji coba website telah dimuat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji coba website

No	Fungsi	Status
1	Admin melakukan login, menggunakan username dan password yang salah, aplikasi menolak	Valid
2	Admin melakukan login, menggunakan username dan password yang benar, berhasil masuk ke halaman beranda	Valid
3	Admin mengakses halaman profil untuk melihat data sejarah, budaya, visi misi, batas wilayah, potensi dan kependudukan.	Valid
4	Admin mengakses halaman struktur untuk melihat data struktur pemerintahan, BPD, LPD, dan kelompok tani.	Valid
5	Admin mengelola data fasilitas (tambah, ubah, hapus, lihat)	Valid
6	Admin mengelola data berita (tambah, ubah, hapus, lihat)	Valid
7	Admin mengelola data informasi (tambah, ubah, hapus, lihat)	Valid
8	Admin mengelola data galeri (tambah, ubah, hapus, lihat)	Valid
9	Admin mengakses halaman kontak dan melihat pesan	Valid
10	Admin melakukan logout	Valid
11	Pengunjung mengakses halaman beranda	Valid

No	Fungsi	Status
12	Pengunjung mengakses halaman profil (sejarah, budaya, visi misi, batas wilayah, potensi dan kependudukan)	Valid
13	Pengunjung mengakses halaman struktur (pemerintahan, BPD, LPD, dan kelompok tani)	Valid
14	Pengunjung mengakses halaman fasilitas	Valid
15	Pengunjung mengakses halaman berita	Valid
16	Pengunjung mengakses halaman informasi	Valid
17	Pengunjung mengakses halaman galeri	Valid
18	Pengunjung mengakses halaman kontak dan mengisi pesan	Valid

Setelah *website* selesai dibangun dan uji coba yang dilakukan juga menunjukkan tidak adanya *error* pada *website*. Maka, *website* ini siap diserahkan kepada pihak Kampung Malasigit. Adapun link dari *website* ini ialah <https://kampungmalasigit.com/>

#### 4. KESIMPULAN

Inovasi berbasis TI untuk transformasi pelayanan masyarakat melalui *website* merupakan langkah jitu yang dilakukan oleh Kampung Malasigit, karena dengan inovasi ini membantu aparatur kampung dalam penyampaian informasi kampung yang transparan dan efisien, memberikan fasilitas layanan/wadah bagi para petani untuk mempromosikan hasil pertaniannya sehingga meningkatkan pelayanan masyarakat. Hal ini sejalan dengan tujuan penelitian. Pengembangan ke depan dapat menambahkan fitur untuk pengelolaan dan transparansi dana desa, karena hal ini merupakan salah satu kekurangan dalam penelitian ini. Langkah besar lainnya yaitu menjadikan Kampung Malasigit sebagai kampung digital.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) melalui DRTPM atas bantuan berupa biaya penelitian yang didapatkan melalui program Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun anggaran 2024 dengan Nomor Kontrak 116/E5/ PG.02.00.PL/2024. Juga kepada LPPM, dan Program Studi Sistem Informasi Universitas Victory Sorong yang terus mendukung serta seluruh warga Kampung Malasigit yang sangat antusias dalam hal memberikan data dan informasi selama proses penelitian, khususnya kepada Ibu Oktaviana Maria Blesia, S.IP., selaku Pj. Kepala Kampung, Bapak Abraham Pattiwael (mantan Kepala Kampung) dan Bapak Roy Susanto (Sekretaris Kampung). Serta mahasiswa atas nama Samuel Tipawael dan Frederikus Yamlean yang telah membantu dalam dokumentasi PDP.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. F. Tallane, T. Jansen, and M. I. Jasin, "TINJAUAN TERHADAP DESAIN REKLAMASI KOTA SORONG PROVINSI PAPUA BARAT," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 7, pp. 757–766, 2019.
- [2] A. Palilu and R. Suripatty, "Pengaruh Infrastruktur Transportasi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kota Sorong Provinsi Papua Barat," *Ekuivalensi, Jurnal Ekonomi Bisnis*, vol. 4, no. 2, pp. 238–257, 2016.
- [3] Dwinarko, A. Sulistyanto, and Saeful Mujab, "Pelatihan Manajemen Komunikasi Pemasaran Bagi Usaha Menengah Kecil Masyarakat Dalam Meningkatkan Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat," *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 10–18, 2022, doi: 10.55123/abdikan.v1i1.84.
- [4] W. Rabiatul Adawiyah, A. Praptapa, and Mafudi, "STRATEGI PENGEMBANGAN DESA WISATA BERBASIS MASYARAKAT (COMMUNITY BASED RURAL TOURISM) DI DESA PAPRINGAN," in *Prosiding Seminar Nasional dan Call for Paper*, Purwokerto, 2017, pp. 1072–1083.
- [5] N. Komariah, E. Saepudin, and P. M. Yusup, "Pengembangan Desa Wisata Berbasis Kearifan Lokal," *Jurnal Pariwisata Pesona*, vol. 3, no. 2, pp. 158–174, 2018, doi: 10.26905/jpp.v3i2.2340.
- [6] A. M. Rifiyan and A. Andri, "Pengembangan Desa Wisata Berbasis Eko-Budaya," *Jurnal Festiva*, vol. 1, no. 2, pp. 39–48, 2016.
- [7] W. Andriyan, S. Septiawan, and A. Aulya, "PERANCANGAN WEBSITE SEBAGAI MEDIA INFORMASI DAN PENINGKATAN CITRA PADA SMK DEWI SARTIKA TANGERANG," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 6, no. 2, pp. 79–88, 2020, [Online]. Available: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/JTT>
- [8] Zulfanita and B. Setiawan, "Pengembangan Desa Wisata Jatimalang Berbasis Industri Kreatif," *ABDIMAS*, vol. 19, no. 1, pp. 1–8, 2015, doi: 10.29244/agrokreatif.1.2.101-109.
- [9] G. W. Sasmito, "Penerapan Metode Waterfall Pada Desain Sistem Informasi Geografis Industri Kabupaten Tegal," *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, vol. 2, no. 1, pp. 6–12, 2017.
- [10] A. Dian Susanti and Ikaputra, "Morfologi Urban Artefak Kampung Kota," *Jurnal Ilmiah Penelitian*, vol. 4, no. 1, pp. 17–26, Aug. 2020, doi: 10.33510/marka.
- [11] N. Salleh, S. S. Yuhaziz, S. F. Sabri, and N. F. M. Azmi, "Enhancing prediction method of ionosphere for space weather monitoring using machine

- learning approaches: A review,” *Int J Adv Sci Eng Inf Technol*, vol. 10, no. 1, pp. 9–15, 2020, doi: 10.18517/ijaseit.10.1.10163.
- [12] N. Azmi, R. Tama Andri Agus, C. Latiffani, J. Sistem Informasi, and S. Royal, “Implementasi SMART Guna Pembangunan Prasarana Desa Sipaku Area,” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 4, pp. 3009–3022, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal>.
- [13] A. A. I. Andayani, E. Martono, and M. Muhamad, “Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengembangan Desa Wisata Dan Implikasinya Terhadap Ketahanan Sosial Budaya Wilayah (Studi Di Desa Wisata Penglipuran Bali),” *Jurnal Ketahanan Nasional*, vol. 23, no. 1, pp. 1–6, 2017, doi: 10.22146/jkn.18006.
- [14] M. S. Rumetna and T. N. Lina, “Sistem Informasi Kampung Wisata Arborek Dengan Metode Waterfall,” *Informatics for Educators and Professionals*, vol. 5, no. 1, pp. 31–40, 2020.
- [15] M. S. Rumetna, “Pemanfaatan Cloud Computing Pada Dunia Bisnis: Studi Literatur,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 3, pp. 305–314, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201853595.
- [16] P. Pratiwi *et al.*, “Pengembangan Aplikasi Mobile Augmented Reality untuk Mendukung Pengenalan Koleksi Museum,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 1, p. 147, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201853891.
- [17] A. Hasibuan, D. S. Tambunan, and A. Info, “Design and Development of An Automatic Door Gate Based on Internet of Things Using Arduino Uno,” *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 17–27, 2021, doi: 10.25008/bcsee.v2i1.1141.
- [18] R. R. Rerung, M. Fauzan, and H. Hermawan, “Website Quality Measurement of Higher Education Services Institution Region IV Using Webqual 4.0 Method,” *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, vol. 1, no. 2, pp. 89–102, 2020, doi: 10.25008/ijadis.v1i2.185.
- [19] T. N. Lina, M. S. Rumetna, C. Hetharia, F. S. Pormes, and E. Lopulalan, “Edukasi Penggunaan Sistem Informasi Permintaan Liputan Pada PT Cendrawasih Wiputra Mandiri,” *Journal of Social Responsibility Projects by Higher Education Forum*, vol. 2, no. 3, pp. 121–126, 2022, doi: 10.47065/jrespro.v2i3.1376.
- [20] M. S. Rumetna, T. N. Lina, I. S. Rajagukguk, F. S. Pormes, and A. B. Santoso, “Payroll Information System Design Using Waterfall Method,” *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.25008/ijadis.v3i1.1227.
- [21] S. Suhirman, A. T. Hidayat, W. A. Saputra, and S. Saifullah, “Website-Based E-Pharmacy Application Development to Improve Sales Services Using Waterfall Method,” *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, vol. 2, no. 2, pp. 114–129, 2021, doi: 10.25008/ijadis.v2i2.1226.
- [22] E. Panja, E. Sedyono, F. Teknologi Informasi, and U. Kristen Satya Wacana, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI WEBSITE SEBAGAI MEDIA PROMOSI PADA ATAP BUKIT COFFEE,” 2023.
- [23] A. A. Surya and I. Haromain, “RANCANG BANGUN WEBSITE LELANG MOBIL MENGGUNAKAN FRAMEWORK CODEIGNITER 3 PADA PT.ABC,” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 9, no. 2, pp. 133–142, 2023.
- [24] A. Siregar, A. Satriansyah, R. Hidayat, and M. S. Wijaya, “SISTEM INFORMASI PELAYANAN SURAT MENYURAT DI KELURAHAN DESA SRIWIJAYA LAMPUNG TENGAH,” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 9, no. 1, pp. 15–21, 2023, [Online]. Available: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/jtt>
- [25] T. N. Lina and M. S. Rumetna, “Analysis of Land Use Change in Bantul Regency Using Geoprocessing Technique,” in *International Conference of Computer Science and Engineering Technology (ICCSET)*, U. M. Kudus, Ed., Kudus: Universitas Muria Kudus, 2018, pp. 506–512. doi: 10.4108/eai.24-10-2018.2280499.
- [26] M. S. Rumetna, E. Sedyono, and K. D. Hartomo, “Analisis Perubahan Tata Guna Lahan di Kabupaten Bantul Menggunakan Metode Global Moran’s I,” *Jurnal Buana Informatika*, vol. 8, no. 4, pp. 225–234, 2017, doi: 10.24002/jbi.v8i4.1446.
- [27] M. S. Rumetna, T. N. Lina, and J. E. Lopulalan, “A knowledge management system conceptual model for the sorong COVID-19 task force,” *International Journal on Informatics Visualization*, vol. 4, no. 4, pp. 195–200, 2020, doi: 10.30630/joiv.4.4.418.



## RANCANG BANGUN *WEBSITE* KAMPUNG BATU LUBANG PANTAI SEBAGAI DESTINASI WISATA DAN SARANA PROMOSI PARIWISATA

Tirsa Ninia Lina<sup>1</sup>, Frenny Silvia Pormes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sistem Informasi, Universitas Victory Sorong

<sup>2</sup> Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia, Universitas Victory Sorong  
Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia 98418  
tirsawp@gmail.com, friendnie.silvia@gmail.com

### Abstract

*Kampung Batu Lubang Pantai is located in Makbon District, Sorong Regency, and is part of the marine tourism area in Southwest Papua. So far, tourists/visitors are primarily familiar with Tanjung Batu Lubang tourism, even though there are many other tourism potentials, such as beach tourism (Bainggik Beach, Bainggik Tengah, Klaswonik, Pasir Pendek, Kladimala, Tanjung Batu Lubang, Pasir Timbul), cultural attractions (A'len dance, Srar dance, Suling Tambur, traditional Moi Tribe houses), religious sites (Gospel Monument, Hill of the Cross), and local wisdom products (noken Banto, kal'uk head covers, kal'dala, kal'lagi, noken kwok ou ukisik, mats). This lack of awareness is due to the insufficient and incomplete dissemination of information, as well as the community's limited understanding of IT utilization. The purpose of this research is to design and build a website for Kampung Batu Lubang Pantai to assist in spreading information related to village activities and tourist destinations, serving as a tourism promotion tool that can ultimately improve the welfare and economy of the community. The system development method uses the Waterfall model, which includes requirements, design, implementation, verification, and maintenance stages. The applications used include Balsamiq Mockups, draw.io, and Bracket Editor. The result of the research is a village website consisting of menus such as Beranda, Profil, Pemerintahan, Informasi, Galeri, Potensi, and Kontak. System testing using Black Box Testing showed that the menu functions were working well so that it could be handed over to the village.*

**Keywords:** *Kampung Batu Lubang Pantai, tourist destination, tourism, waterfall, website*

### Abstrak

Kampung Batu Lubang Pantai terletak di Distrik Makbon, Kabupaten Sorong yang menjadi bagian dari kawasan wisata bahari di Papua Barat Daya. Selama ini, para wisatawan/pengunjung hanya mengetahui wisata Tanjung Batu Lubang, padahal masih banyak potensi wisata lainnya seperti wisata pantai (Pantai Bainggik, Bainggik Tengah, Klaswonik, Pasir Pendek, Kladimala, Tanjung Batu Lubang, Pasir Timbul), budaya (tari A'len, tari Srar, Suling Tambur, rumah adat Suku Moi), agama (Tugu Injil, Bukit Salib), serta kearifan lokal (noken Banto, penutup kepala kal'uk, kal'dala, kal'lagi, noken kwok ou ukisik, tikar). Hal ini dikarenakan kurangnya penyebaran informasi secara meluas dan lengkap, serta kurangnya pemahaman masyarakat terkait pemanfaatan TI. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun *website* Kampung Batu Lubang Pantai agar membantu penyebaran informasi terkait kegiatan kampung maupun destinasi wisata sehingga dapat menjadi sarana promosi pariwisata yang nantinya dapat meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian masyarakat. Metode pengembangan sistem menggunakan *Waterfall* dengan tahapan *requirement, design, implementation, verification, dan maintenance*. Adapun aplikasi yang digunakan diantaranya *Balsamiq Mockups, draw.io, dan Bracket Editor*. Hasil penelitian berupa *website* kampung yang terdiri dari menu Beranda, Profil, Pemerintahan, Informasi, Galeri, Potensi, dan Kontak. Pengujian sistem menggunakan *Black Box Testing* menunjukkan fungsi menu-menu berjalan dengan baik sehingga dapat diserahkan kepada pihak kampung.

**Kata kunci:** *destinasi wisata, Kampung Batu Lubang Pantai, pariwisata, waterfall, website*

### 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Sorong yang merupakan bagian dari Provinsi Papua Barat Daya, terdiri dari 30 distrik, di mana salah satu distriknya bernama Distrik Makbon. Distrik Makbon dibagi menjadi 14 kampung diantaranya Asbaken, Baintete, Batu

Lubang, Batu Lubang Pantai, Klagulus, Klasigi, Klasimigik, Kwadas, Malagasih, Malaumkarta, Mibi, Sawatuk, Suatolo, dan Teluk Dore [1]. Setiap kampung ini memiliki daya tarik wisata dan masih dalam tahap

pengembangan potensi wisata, khususnya Kampung Batu Lubang Pantai.

Kampung Batu Lubang Pantai memiliki luas wilayah 7.525 km<sup>2</sup>, dengan jumlah penduduk 207 jiwa, dan 50 Kepala Keluarga (KK). Jarak tempuh melalui jalur darat dari pusat Kota Sorong ke Kampung Batu Lubang Pantai ±25km. Kampung Batu Lubang Pantai dulunya hanya dapat diakses melalui jalur laut. Seiring dengan pemerataan pembangunan yang dilakukan oleh Bupati Kabupaten Sorong pada tahun 2018, barulah kampung ini dapat diakses melalui jalur darat [2]. Hingga 2024, Meskipun akses jalan belum diaspal, namun aksesibilitasnya untuk ke kampung tergolong baik.

Selain itu, fasilitas listrik yang memadai baru dirasakan masyarakat pada tahun 2021 dengan adanya Bantuan Mikro PLTS dari PLN UP3 Sorong. Kampung ini juga memiliki genset sebagai alternatif jika sewaktu waktu terjadi pemadaman listrik. Fasilitas lainnya yaitu sekolah, tempat ibadah, kantor balai kampung, peta kampung, menara pandang, tempat santai, tempat parkir, dan lain-lain.

Kampung Batu Lubang Pantai juga termasuk dalam kawasan wisata bahari di Papua Barat Daya, dengan berbagai atraksi wisata bahari yang tersedia, sebagaimana diatur dalam Peraturan Daerah Kabupaten Sorong No.12 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Pariwisata Daerah Kabupaten untuk periode 2015-2025, seperti kegiatan menyelam dan *snorkeling*. [3]. Tentu saja hal tersebut dapat menjadi potensi wisata bagi kampung ini. Berdasarkan observasi dan wawancara dengan Bapak Maurits Malibela selaku Kepala Kampung serta Ibu Dormina Suu selaku Ketua Pokdarwis (Kelompok Sadar Wisata), adapun potensinya antara lain wisata pantai (Pantai Bainggik, Bainggik Tengah, Klaswonik, Pasir Pendek, Kladimala, Tanjung Batu Lubang, Pasir Timbul), budaya (tari *A'len*, tari *Srar*, Suling Tambur, rumah adat Suku Moi), agama (Tugu Injil, Bukit Salib), serta kearifan lokal (noken *Banto*, penutup kepala *kal'uk*, *kal'dala*, *kal'lagi*, noken *kwok ou ukisik*, tikar). Faktor pendukung lainnya adalah bahwa pariwisata mencakup tiga aspek keberlanjutan, yaitu keberlanjutan ekonomi, keberlanjutan lingkungan, dan keberlanjutan sosial [4].

Selama ini, para wisatawan atau pengunjung hanya mengetahui wisata Tanjung Batu Lubang, padahal terdapat begitu banyak destinasi wisata. Hal ini dikarenakan kurangnya penyebaran informasi destinasi wisata secara meluas dan lengkap, serta kurangnya pemahaman masyarakat terkait pemanfaatan teknologi informasi (TI). Informasi mengenai jarak tempuh, biaya transportasi, biaya masuk wisata, biaya sewa perahu, dan fasilitas lainnya juga belum diketahui oleh para wisatawan. Informasi lainnya mengenai budaya dan kearifan lokal masyarakat setempat belum terdokumentasi dengan baik, padahal hal tersebut dapat meningkatkan perekonomian dengan penjualan hasil kerajinan tangan masyarakat di kampung tersebut.

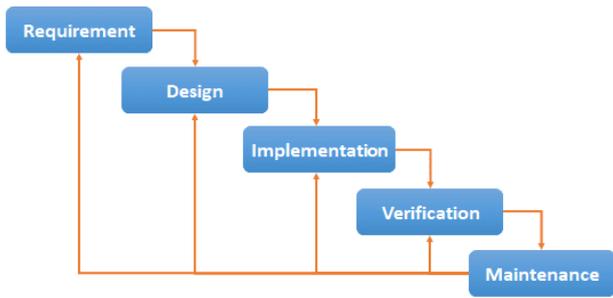
Kampung ini mulai berbenah secara perlahan dan bertransformasi menjadi kampung wisata sebagai bagian dari upaya pemberdayaan masyarakat setempat. Upaya ini berdampak positif terhadap peningkatan kesejahteraan, dengan menciptakan lapangan kerja baru dan sumber pendapatan tambahan [5], [6]. Tentu saja dalam proses pembenahan ini didampingi dan difasilitasi oleh pemerintah setempat yakni Dinas Pemuda Olahraga dan Pariwisata (Disporapar) Kabupaten Sorong dan Pemerintah Distrik Makbon. Kampung wisata diharapkan dapat menjadi sektor unggulan (*leading sector*) dalam pertumbuhan ekonomi kreatif berbasis kearifan lokal, yang berkembang secara mandiri dari dalam komunitas masyarakat kampung dengan dukungan penuh dari pemerintah [7], [8]. Pengembangan wilayah perlu didasarkan pada potensi yang dimiliki, baik dalam sektor pariwisata (alam dan budaya) maupun produk kreatif hasil karya masyarakat [3], [9], [10]. Pariwisata akan tumbuh lebih pesat jika semua elemen masyarakat ikut serta dalam merencanakan dan mengembangkannya [11], [12], [13].

Adapun penelitian-penelitian acuan, yaitu pertama oleh Rumetna MS dan Lina TN, membahas tentang kurangnya penyampaian informasi mengenai Kampung Wisata Arborek dalam hal menonjolkan keindahan alam, kearifan lokal, dan budaya kampung tersebut. Hasil penelitian yang dilakukan berupa *website* Kampung Wisata Arborek sebagai media penyebaran informasi [7]. Penelitian kedua oleh Sutisna N, dkk., membahas tentang kesulitan dalam mempromosikan wisata Desa Sitiwinangun kepada masyarakat luas sehingga memerlukan adanya *website* sebagai media promosi. Hasil penelitiannya berupa *website* yang digunakan untuk mempromosikan dan memperkenalkan Desa Sitiwinangun kepada masyarakat luas [14]. Penelitian ketiga oleh Dellia P dan Aini N, dimana membahas kurangnya inovasi dalam mengenalkan daya tarik Museum Cakraningrat. Hasil penelitian ini berupa sistem informasi museum yang terintegrasi dengan media sosial, sehingga dapat memperluas jangkauan pengenalan Museum Cakraningrat [15].

Strategi pemecahan masalah yang ditawarkan yaitu memanfaatkan TI, dalam hal ini merancang dan membangun *website* Kampung Batu Lubang Pantai agar dapat membantu dalam penyebaran informasi terkait kegiatan kampung maupun destinasi wisata sehingga dapat menjadi sarana promosi pariwisata yang nantinya dapat meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian masyarakat di Kampung Batu Lubang Pantai.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode *Waterfall* (lihat Gambar 1) dipilih sebagai metode pengembangan sistem. Pemakaian metode ini sangat terorganisir karena setiap tahapan mempunyai proses dan dokumen sehingga mudah dalam pengembangan sesuai kebutuhan pengguna [7], [16], [17], [18].



Gambar 1. Metode Waterfall

Berikut adalah tahapan dari metode Waterfall:

1) Requirement

Tahapan ini merupakan tahap awal yang dilakukan dengan tujuan untuk memahami informasi kebutuhan website yang diharapkan. Informasi diperoleh melalui observasi ke Kampung Batu Lubang Pantai, wawancara bersama Bapak Maurits Malibela (Kepala Kampung) dan Ibu Dormina Suu (Ketua Pokdarwis), dan studi pustaka.

2) Design

Tahapan kedua yaitu perancangan yang dilakukan untuk membantu memberikan gambaran terkait proses bisnis website yang dibangun menggunakan Unified Modelling Language (UML) [19], [20], dan perancangan interface website menggunakan Balsamiq Mockups [21].

3) Implementation

Setelah perancangan selesai dilakukan, dilanjutkan dengan tahap pemrograman dimana menggunakan bahasa pemrograman PHP, framework Bootstrap, database MySQL.

4) Verification

Tahap keempat berupa verifikasi dan pengujian website menggunakan Black Box Testing.

5) Maintenance

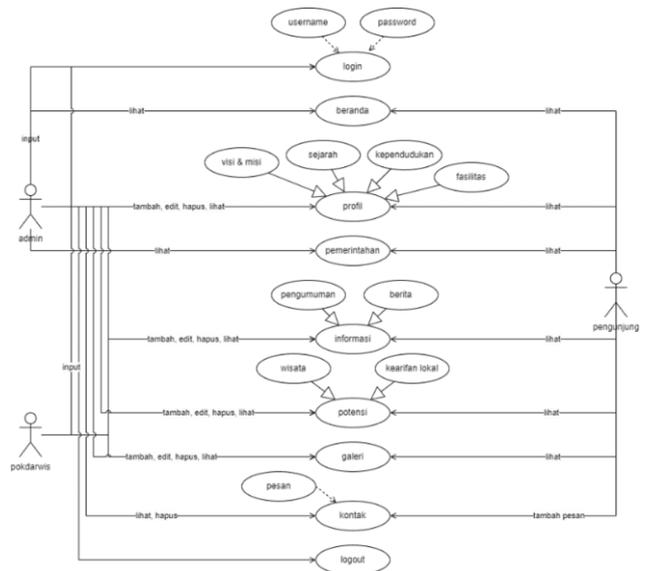
Tahap terakhir dari metode Waterfall yaitu pemeliharaan, dimana website yang telah dijalankan, dilakukan pemeliharaan sehingga jika menemukan kesalahan maka akan diperbaiki.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah data penelitian diperoleh maka dilanjutkan dengan desain proses sistem berupa use case diagram. Adapun pengguna (actor) sistem dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu admin, pokdarwis, dan pengunjung.

Use case diagram pada Gambar 2 terlihat aktor pertama yaitu admin, dimana dapat melakukan login, melihat beranda, mengelola profil (visi&misi, sejarah, kependudukan, fasilitas), melihat pemerintahan, mengelola informasi (pengumuman, berita), mengelola galeri, mengelola potensi (wisata, kearifan lokal), melihat kontak, serta melakukan logout.

aktor kedua yaitu pokdarwis, di mana dapat melakukan login, melihat beranda, melihat profil (visi&misi, sejarah, kependudukan, fasilitas), melihat pemerintahan, mengelola informasi (pengumuman, berita), mengelola galeri, mengelola potensi (wisata, kearifan lokal), melihat kontak, serta melakukan logout. Sedangkan aktor ketiga yaitu pengunjung hanya dapat melihat menu beranda, profil, pemerintahan, informasi, galeri, potensi, dan mengirimkan pesan melalui menu kontak.



Gambar 2. Use case diagram

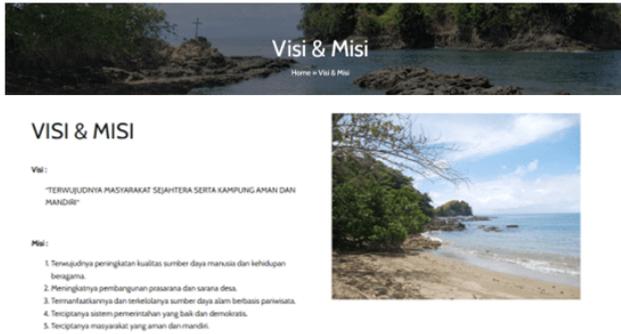
Setelah menyelesaikan proses desain, dilanjutkan dengan implementasi sistem dalam bentuk website Kampung Batu Lubang Pantai. Adapun tampilan implementasi website sebagai berikut.



Gambar 3. Halaman Beranda

Tampilan halaman Beranda pada Gambar 3 berisi informasi singkat Kampung Batu Lubang Pantai. Terdapat pula semua menu yang ada pada *website* yaitu menu Profil, Pemerintahan, Informasi, Potensi, Galeri, dan Kontak.

Halaman Profil (Gambar 4) terdiri dari 4 (empat) sub menu yaitu Visi & Misi, Sejarah, Kependudukan, dan Fasilitas. Halaman Visi & Misi berisi visi & misi Kampung Batu Lubang Pantai. Halaman Sejarah berisi Sejarah singkat Kampung Batu Lubang Pantai. Halaman Kependudukan berisi informasi penduduk Kampung Batu Lubang Pantai. Halaman Fasilitas berisi fasilitas-fasilitas yang ada di Kampung Batu Lubang Pantai.

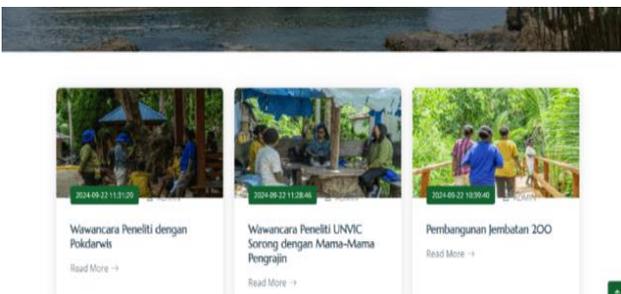


Gambar 4. Halaman Profil

Halaman Pemerintahan pada Gambar 5 menampilkan informasi struktur organisasi di Kampung Batu Lubang Pantai.



Gambar 5. Halaman Pemerintahan

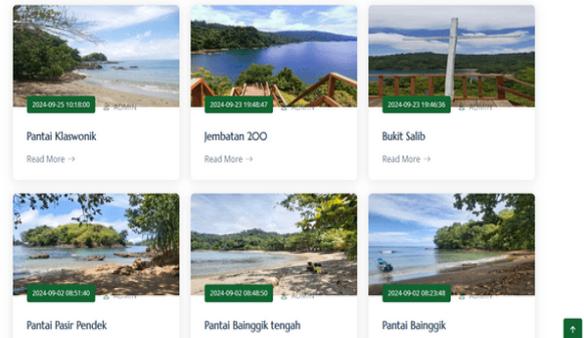


Gambar 6. Halaman Informasi

Halaman Informasi (Gambar 6) terdiri dari 2 (dua) sub menu yaitu Pengumuman dan Berita. Halaman Pengumuman pada berisi kegiatan yang akan dilakukan di Kampung Batu

Lubang Pantai. Halaman Berita berisi kegiatan yang telah dilakukan di Kampung Batu Lubang Pantai.

Halaman Potensi (Gambar 7) terdiri dari 2 (dua) sub menu yaitu Wisata dan Kearifan Lokal. Halaman Wisata berisi tempat-tempat wisata yang ada di Kampung Batu Lubang Pantai. Halaman Kearifan Lokal berisi hasil kerajinan tangan, budaya, maupun makanan khas dari masyarakat Kampung Batu Lubang Pantai.

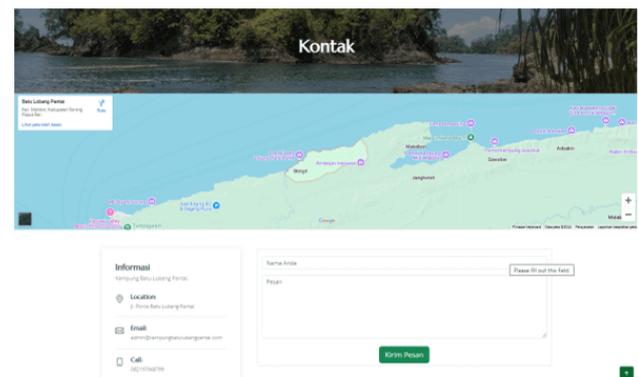


Gambar 7. Halaman Potensi

Halaman Galeri pada Gambar 8 menampilkan foto-foto kegiatan atau aktivitas yang terjadi di Kampung Batu Lubang Pantai.



Gambar 8. Halaman Galeri



Gambar 9. Halaman Kontak

Halaman Kontak pada Gambar 9 menampilkan peta dan alamat Kampung Batu Lubang Pantai. Pada halaman ini juga terdapat kolom pesan yang dapat digunakan oleh pengunjung jika ingin mengirimkan pesan berupa testimoni, saran, atau kritik tentang Kampung Batu Lubang Pantai.

Setelah implementasi sistem, selanjutnya dilakukan verifikasi dalam bentuk pengujian sistem menggunakan *black box testing*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil *black box testing*

No	Fungsi	Status
1	Pengunjung mengakses halaman Beranda	Valid
2	Pengunjung mengakses halaman Profil (Visi & Misi, Sejarah, Kependudukan, Fasilitas)	Valid
3	Pengunjung mengakses halaman Pemerintahan	Valid
4	Pengunjung mengakses halaman Informasi (Pengumuman, Berita)	Valid
5	Pengunjung mengakses halaman Potensi (Wisata, Kearifan Lokal)	Valid
6	Pengunjung mengakses halaman Galeri	Valid
7	Pengunjung mengakses halaman kontak dan mengisi pesan	Valid

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa fungsi pada setiap menu berfungsi dengan baik. Hal tersebut menandakan bahwa *website* ini dapat diserahkan kepada pihak Kampung Batu Lubang Pantai untuk dipergunakan.

*Website* ini dapat diakses secara *online* melalui alamat *url*: <https://kampungbatulubangpantai.com/>.

#### 4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Menghasilkan *website* Kampung Batu Lubang Pantai yang terdiri dari menu Beranda, Profil, Pemerintahan, Informasi, Galeri, Potensi, dan Kontak.
- 2) *Website* ini dapat menjadi sarana promosi pariwisata yang nantinya dapat meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian masyarakat di Kampung Batu Lubang Pantai.
- 3) Pengembangan ke depannya dapat memanfaatkan teknologi informasi yang berfokus pada inovasi digital, seperti penambahan fitur untuk menampung hasil kerajinan untuk peningkatan kualitas pelayanan yang transparan pada Kampung Batu Lubang Pantai.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) atas bantuan berupa biaya penelitian yang didapatkan melalui program Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2024 dengan Nomor Kontrak 116/E5/ PG.02.00.PL/2024. Kepada LPPM, dan Program Studi Sistem Informasi Universitas Victory Sorong atas dukungannya. Kepada Ibu Dina Titin Sumarni, S.Pi. selaku Kepala Bidang Destinasi Disporapar Kabupaten

Sorong yang telah memfasilitasi peneliti dengan mitra. Warga Kampung Batu Lubang Pantai yang sangat antusias selama penelitian, khususnya kepada Bapak Maurits Malibela selaku Kepala Kampung, dan Ibu Dormina Suu selaku Ketua Pokdarwis yang telah membantu dalam proses penelitian. Serta mahasiswa atas nama Samuel Tipawael dan Stenly Anderson Soumokil yang telah membantu dalam pengambilan foto dan video saat penelitian dan proses pengambilan data.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fahrizal, Ilham., N. A. Fonataba, Y. B. Ulim, and R. dan Sagisolo, "Kajian Aspek Oesanografi Perairan pada Kawasan Batu Lubang Pantai Distrik Makbon Kabupaten Sorong Papua Barat," *J. Ris. Perikan. Dan Kelaut.*, vol. 4, no. 2, pp. 451–465, 2022.
- [2] M. A. Kasri, F. Ardiansyah, and A. Hatsamah, "Pembelajaran Keaksaraan Dasar menggunakan Metode *Flash Card* di kampung Batu Lubang Pantai," *J. Abdimasa Pengabd. Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 65–71, 2023, doi: 10.36232/jurnalabdimasa.v6i1.3254.
- [3] I. Mugama, I. Febriadi, and M. A. A. Gafur, "Identifikasi Potensi Ekowisata Kampung Batu Lubang Pantai Distrik Makbon Kabupaten Sorong," *Agriva J. (Journal Agric. Sylva)*, vol. 1, no. 1, pp. 11–18, 2023.
- [4] N. Sunarta and N. Sukma Arida, *Pariwisata Berkelanjutan*. Denpasar: Cakra Press, 2017. [Online]. Available: [https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_pendidikan\\_1\\_dir/81eee6c1d3a49690e16b3be3dfb9855f.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/81eee6c1d3a49690e16b3be3dfb9855f.pdf)
- [5] A. A. I. Andayani, E. Martono, and M. Muhamad, "Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengembangan Desa Wisata Dan Implikasinya Terhadap Ketahanan Sosial Budaya Wilayah (Studi Di Desa Wisata Penglipuran Bali)," *J. Ketahanan Nas.*, vol. 23, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.22146/jkn.18006.
- [6] R. Rubiyatno, M. A. Diva, and F. D. Pranatasari, "Analisis Potensi Wisata Tegal Balong Dalam Penentuan Strategi Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan," *J. Pariwisata*, vol. 9, no. 2, pp. 129–143, 2022, doi: 10.31294/par.v9i2.12086.
- [7] M. S. Rumetna and T. N. Lina, "Sistem informasi Kampung Wisata Arborek dengan metode *waterfall*," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–40, 2020, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/414580-none-ff32b67b.pdf>
- [8] T. N. Lina, M. S. Rumetna, F. Silvia Pormes, and Nurasm, "Pelatihan Penggunaan *Website* Sekolah Pada SD 141 Matalamagi Kota Sorong," *ABDINE J. Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 67–73, 2023, doi: 10.52072/abdine.v3i1.550.

- [9] T. N. Lina, M. S. Rumetna, W. Ferdinandus, J. Tindage, and H. S. J. Rieuwpassa, "Pembuatan *Website* Promosi Produk pada Toko Keripik Kartika," *ABDIKAN J. Pengabd. Masy. Bid. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 4, pp. 601–609, 2023, doi: 10.55123/abdikan.v2i4.2643.
- [10] A. B. Oktaviani and E. Yuliani, "Dampak Pengembangan Pariwisata Terhadap Kondisi Ekonomi Masyarakat," *J. Kaji. Ruang*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2023, doi: 10.30659/jkr.v3i1.22574.
- [11] D. S. Noya, H. S. Langi, and F. J. Doringin, "Rancang *BangunWebsite* Sebagai SaranaPromosi Wisata Pulau Lembah," in *Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2021, pp. 595–599. [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/2767/2157>
- [12] B. Fitrisna Widyasari, T. Akiriningsih, and Suharto, "Partisipasi Masyarakat Dalam Mendukung Kegiatan Pariwisata Di Desa Wisata Hijau Bilebante Kabupaten Lombok Tengah," *Sabbhata Yatra J. Pariwisata dan Budaya*, vol. 3, no. 2, pp. 94–103, 2022, doi: 10.53565/sabbhatayatra.v3i2.638.
- [13] I. Junaid, Mansyur, and A. Uleng, "Implementasi Pariwisata Berkelanjutan di Pulau Maratua, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur," *J. Pariwisata Terap.*, vol. 3, no. 2, p. 110, 2020, doi: 10.22146/jpt.46518.
- [14] N. Sutisna, A. S. Mutohari, A. Wijaya, I. Rachmawati, S. Parman, and D. Iriani, "Perancangan Media Promosi *Website* Desa Wisata Sitiwinangun," *J. Digit*, vol. 13, no. 1, p. 81, 2023, doi: 10.51920/jd.v13i1.323.
- [15] P. Dellia and N. Aini, "Sistem Informasi Museum Cakraningrat Terintegrasi Media Sosial Sebagai Media Promosi Wisata Halal Di Madura," *J. Teknoinfo*, vol. 17, no. 2, pp. 358–370, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoinfo/index>
- [16] A. Abdul Wahid, "Analisis Metode *Waterfall* Untuk Pengembangan Sistem Informasi," *J. Ilmu-ilmu Inform. dan Manaj. STMIK*, no. November, pp. 1–5, 2020.
- [17] K. J. Tey Seran and V. N. Naiheli, "Pengembangan Media Promosi Potensi Desa Oepuah Dengan Menggunakan Metode *Waterfall*," *J. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–36, 2021, doi: 10.32938/jitu.v1i1.1373.
- [18] Muhammad Rizky Fiqryansyah and Indra Hermawan, "Rancang Bangun Aplikasi *Website* percetakan Printop Pada Modul Costumerdan Editor Dengan Metode Pengembangan *Waterfall*," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 6, no. 22, pp. 72–78, 2020.
- [19] M. N. Rohman and Sugiyamta, "Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan Dan Pemesanan Roti Berbasis *Web* Pada *Queen Bakery* Purwodadi," *J. Manag. Bussines*, vol. 6, no. 1, pp. 215–230, 2024.
- [20] A. Siregar, A. Satriansyah, R. Hidayat, and M. S. Wijaya, "Sistem Informasi Pelayanan Surat Menyurat Di Kelurahan Desa Sriwijaya Lampung Tengah," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 9, no. 1, pp. 15–21, 2023, doi: 10.54914/jtt.v9i1.588.
- [21] W. Andriyan, S. S. Septiawan, and A. Aulya, "Perancangan *Website* sebagai Media Informasi dan Peningkatan Citra Pada SMK Dewi Sartika Tangerang," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 6, no. 2, pp. 79–88, 2020, doi: 10.54914/jtt.v6i2.289.



## RENCANA STRATEGIS TRANSFORMASI TEKNOLOGI INFORMASI PADA INDUSTRI KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN *FRAMEWORK* ZACHMAN

Indra Permana Solihin<sup>1</sup>, Bambang Triwahyono<sup>2</sup>, Mohamad Bayu Wibisono<sup>3</sup>, Sirojul Munir<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Informatika, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

<sup>2,3</sup>Sistem Informasi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

<sup>4</sup>Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri  
Jakarta Selatan, DK Jakarta, Indonesia 12450

indrapermana@upnvj.ac.id, bambang.triwahyono@upnvj.ac.id, bayu.wibisono@upnvj.ac.id, rojulman@nurulfikri.co.id

### Abstract

*This research aims to design and implement an effective Information Technology (IT) Transformation Strategic Plan to increase national palm oil productivity in the palm oil industry. IT strategies will be developed using the Zachman Framework, considering architectural aspects and business perspectives. This research was carried out from February to October 2024 at UPNVJ's Data Science laboratory and company facilities in Jakarta and Central Kalimantan. This research contributes to integrating the Zachman Framework with a specific information technology transformation approach for the palm oil industry, which has not been widely applied in the previous literature. The implementation step involves an in-depth analysis of business needs and processes and the development of appropriate IT solutions. The research results are expected to result in significant transformations in palm oil industry operations, such as increased productivity, efficiency, and adaptation to market changes. The study also considers architectural dimensions and business perspectives in implementing effective IT solutions. Cooperation with key stakeholders, including palm oil producers, suppliers, and consumers, is highly valued. This study's results are expected to guide other industries and the government in formulating policies supporting IT transformation in the national palm oil industry sector.*

**Keywords:** Information Technology, National Palm Oil Productivity, Palm Oil Industry Strategic Transformation, Production Efficiency, Zachman Framework

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan Rencana Strategis Transformasi Teknologi Informasi (TI) yang efektif dalam industri kelapa sawit untuk meningkatkan produktivitas sawit nasional. Dengan menggunakan *Framework* Zachman, strategi TI akan dikembangkan dengan mempertimbangkan aspek arsitektur dan perspektif bisnis. Penelitian ini dilaksanakan dari Februari hingga Oktober 2024 di laboratorium *Data Science* UPNVJ dan fasilitas perusahaan di Jakarta serta Kalimantan Tengah. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam mengintegrasikan *Framework* Zachman dengan pendekatan transformasi teknologi informasi khusus untuk industri kelapa sawit, yang belum banyak diterapkan di literatur sebelumnya. Langkah implementasi melibatkan analisis mendalam terhadap kebutuhan dan proses bisnis, serta pengembangan solusi TI yang sesuai. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan transformasi signifikan dalam operasional industri kelapa sawit, seperti peningkatan produktivitas, efisiensi, dan adaptasi terhadap perubahan pasar. Penelitian ini juga mempertimbangkan dimensi arsitektur dan perspektif bisnis dalam implementasi solusi TI yang efektif. Kerja sama dengan pemangku kepentingan utama, termasuk produsen kelapa sawit, pemasok, dan konsumen, sangat diutamakan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi panduan bagi industri lainnya dan referensi bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan yang mendukung transformasi TI di sektor industri sawit nasional.

**Kata kunci:** Efisiensi produksi, *Framework* Zachman, Industri Kelapa Sawit, Produktivitas Sawit Nasional, Transformasi Teknologi Informasi

### 1. PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit sebagai sektor utama ekonomi nasional menduduki peran penting dalam meningkatkan produktivitas dan kontribusi terhadap pembangunan

nasional di tengah dinamika global dan perkembangan teknologi informasi (TI) [1]. Industri kelapa sawit juga memiliki peran yang sangat signifikan dalam perekonomian global dan nasional, terutama di negara-negara penghasil

utama seperti Indonesia dan Malaysia [2]. Indonesia, sebagai produsen terbesar minyak kelapa sawit dunia, tidak hanya menyumbangkan devisa dalam jumlah besar melalui ekspor, tetapi juga menciptakan lapangan kerja bagi jutaan penduduk [3].

Industri kelapa sawit terus menghadapi tantangan yang kompleks dan multidimensional, termasuk masalah produktivitas lahan, fluktuasi harga komoditas, dan tekanan dari isu-isu keberlanjutan serta lingkungan hidup. Dalam konteks ini, transformasi teknologi informasi (TI) menjadi salah satu pendekatan strategis yang krusial untuk meningkatkan daya saing dan produktivitas industri kelapa sawit [4].

Teknologi informasi, sebagai *enabler* utama dalam industri 4.0, telah terbukti mampu memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional di berbagai sektor industri [5]. Studi-studi terdahulu menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital, seperti *Internet of Things* (IoT), analitik *big data*, dan kecerdasan buatan (AI), dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data [6]. Khususnya dalam industri kelapa sawit, penerapan teknologi informasi dapat memperbaiki manajemen kebun, proses produksi, hingga distribusi hasil panen, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan produktivitas dan keberlanjutan [7].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa rendahnya tingkat adopsi teknologi di sektor ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti keterbatasan infrastruktur, kurangnya pengetahuan teknis, dan resistensi terhadap perubahan di kalangan pelaku industri. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan yang terstruktur dan sistematis dalam mengelola transformasi teknologi informasi agar dapat memberikan hasil yang optimal. *Framework* Zachman pada **Gambar 1**, menawarkan sebuah kerangka kerja arsitektur *enterprise* yang dapat membantu dalam menyusun dan mengelola transformasi ini secara efektif [8].

	DATA <i>What</i>	FUNCTION <i>How</i>	NETWORK <i>Where</i>	PEOPLE <i>Who</i>	TIME <i>When</i>	MOTIVATION <i>Why</i>	
Objective/Scope Contextual	Class of Things Important in the Business	Class of Core Business	Class of Business Locations	List of Important Organizations	List of Events	List of Business Goals/Strategies	Objective/Scope Contextual
Role: Planner	<b>ENTERPRISE ARCHITECTURE PLANNING (EAP)</b>						Role: Planner
Enterprise Model Conceptual	Conceptual Data Object Model	Business Process Model	Business Logistics System	Work Flow Model	Master Schedule	Business Plan	Enterprise Model Conceptual
Role: Owner							Role: Owner
System Model Logical	System Architecture Model	System Architecture Model	Systems Architecture	Human Interface Architecture	Processing Structure	Business Role Model	System Model Logical
Role: Designer							Role: Designer
Technology Model Physical	Physical Data Class Model	Technology Design Model	Technology Architecture	Presentation Architecture	Control Structure	Rule Design	Technology Model Physical
Role: Builder							Role: Builder
Detailed Representations Out of Context	Data Definitions	Program	Network Architecture	Security Architecture	Timing Definition	Rule Specification	Detailed Representations Out of Context
Role: Programmer							Role: Programmer
Functioning Enterprise Role: User	Usable Data	Working Function	Usable Network	Functioning Organization	Implemented Schedule	Working Strategy	Functioning Enterprise Role: User

Gambar 1. Zachman Framework [9]

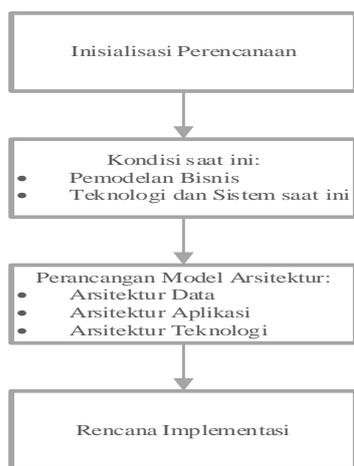
Latar belakang ini mendemonstrasikan urgensi penelitian, rumusan masalah yang akan dihadapi, dan pendekatan pemecahan masalah yang akan diambil. Industri kelapa sawit, sebagai pilar ekonomi nasional, menduduki peran sentral dalam meningkatkan produktivitas dan kontribusi terhadap pembangunan ekonomi Indonesia [10]. Dalam menghadapi dinamika global dan perubahan paradigma industri, pengintegrasian teknologi informasi (TI) menjadi esensial untuk memastikan keberlanjutan dan daya saing sektor ini [11].

Adopsi *framework* Zachman dalam industri kelapa sawit diharapkan dapat memberikan sejumlah manfaat strategis. Pertama, *framework* ini dapat membantu dalam menyelaraskan strategi teknologi informasi dengan tujuan bisnis organisasi, sehingga setiap inisiatif TI yang diimplementasikan benar-benar mendukung pencapaian target produktivitas. Kedua, dengan struktur yang jelas dan terorganisasi, *framework* Zachman dapat meminimalkan risiko kegagalan dalam transformasi teknologi, yang sering kali disebabkan oleh ketidakjelasan tujuan, ketidakselarasan antara TI dan bisnis, serta kurangnya koordinasi antar pemangku kepentingan. Ketiga, *framework* ini memungkinkan penerapan solusi TI yang fleksibel dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan bisnis, yang sangat penting dalam industri yang dinamis seperti kelapa sawit [9].

Penelitian ini bertujuan mengembangkan "Rencana Strategis Transformasi Teknologi Informasi pada Industri Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Produktivitas Sawit Nasional menggunakan *Framework* Zachman." Industri kelapa sawit, sebagai penyumbang utama pendapatan ekspor dan penggerak ekonomi nasional, menghadapi tantangan serius. Perubahan iklim, persaingan global, dan tuntutan pasar yang semakin kompleks memerlukan adaptasi cepat. Transformasi teknologi informasi menjadi kunci untuk memastikan industri kelapa sawit tetap efisien, berkelanjutan, dan berdaya saing [12]. Adopsi inovasi dalam industri kelapa sawit bukan hanya strategis untuk bertahan tetapi juga menjadi kunci untuk mengambil peran aktif dalam meningkatkan daya saing dan kontribusi terhadap ekonomi nasional [13].

Pendekatan pemecahan masalah pada penelitian ini melibatkan penerapan *Framework* Zachman, sebuah kerangka kerja yang terstruktur untuk memandu pengembangan strategi TI [14]. Kajian dilakukan secara menyeluruh untuk menyusun rencana strategis transformasi teknologi informasi pada industri kelapa sawit di Indonesia dengan menggunakan *framework* Zachman dengan Pendekatan *Enterprise Architecture Planning* (EAP) adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk merancang arsitektur perusahaan secara terstruktur, dengan memetakan kebutuhan bisnis, teknologi, dan informasi untuk mendukung tujuan organisasi.

EAP mengintegrasikan berbagai komponen seperti proses bisnis, aplikasi, dan infrastruktur, sehingga memungkinkan organisasi untuk mencapai efisiensi operasional dan keselarasan strategis. Dalam konteks industri kelapa sawit, pendekatan ini penting untuk mengatasi kompleksitas operasional yang melibatkan kebun, pabrik, dan distribusi [15]. Pendekatan EAP juga digunakan bersama dengan *Framework Zachman* untuk memastikan bahwa perencanaan arsitektur TI tidak hanya terstruktur, tetapi juga mendukung kebutuhan bisnis spesifik di industri kelapa sawit. *Framework Zachman* menyediakan kerangka kerja yang membantu memetakan elemen arsitektur, sementara EAP menyediakan metode implementasi yang bertahap dan terukur yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perencanaan strategis dengan pendekatan EAP

Inovasi yang diharapkan melibatkan identifikasi dan analisis mendalam terhadap kebutuhan dan proses bisnis industri kelapa sawit. Inovasi ini akan tercermin dalam pengembangan solusi TI yang juga dapat meningkatkan efisiensi produksi. Penerapan rencana strategis ini akan mendukung pembangunan dan pengembangan IPTEK melalui integrasi teknologi informasi yang canggih, dengan meningkatkan daya saing industri kelapa sawit.

Penelitian ini berpotensi menjadi pionir dalam mengubah paradigma pengembangan sektor industri utama. Penelitian sebelumnya telah menggunakan *Framework Zachman*, tetapi belum secara spesifik diterapkan untuk industri kelapa sawit yang memiliki karakteristik unik seperti kompleksitas rantai pasok dan kebutuhan keberlanjutan. Karakteristik unik industri kelapa sawit seperti ketergantungan pada faktor agronomi dan keberlanjutan menjadikan penelitian ini berbeda dengan penerapan Zachman di sektor lainnya.

Penelitian ini menjadi penting dalam konteks pengembangan ekonomi nasional dan menunjukkan komitmen untuk menjawab tantangan global dengan inovasi teknologi informasi yang terstruktur dan holistik. Melalui pendekatan ini, diharapkan industri kelapa sawit dapat tetap menjadi tulang punggung ekonomi nasional yang berkelanjutan dan berdaya saing. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi para pengambil

kebijakan dan praktisi industri kelapa sawit dalam merancang dan mengimplementasikan inisiatif transformasi teknologi yang terstruktur, efektif, dan berkelanjutan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, dengan fokus pada studi kasus yang mendalam di beberapa perusahaan kelapa sawit nasional. Penelitian ini dirancang untuk mengeksplorasi secara komprehensif bagaimana penerapan teknologi informasi (TI) yang terstruktur dapat mendukung peningkatan produktivitas industri kelapa sawit melalui pemanfaatan kerangka kerja Zachman. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menggali data yang mendalam mengenai struktur, proses, dan kebutuhan TI di industri kelapa sawit.

### 2.1 Pemilihan responden

Sampel penelitian ini dipilih secara *purposive*, yang berarti bahwa pemilihan dilakukan berdasarkan keterlibatan dan peran penting individu dalam proses operasional dan pengambilan keputusan terkait TI. Responden utama yang akan diwawancarai meliputi:

- Direktur Operasional Perusahaan Sawit: Bertanggung jawab atas manajemen operasional secara keseluruhan, direktur ini diharapkan memiliki wawasan strategis mengenai integrasi TI dalam operasi harian perusahaan.
- Direktur Umum dan *Head of Plantation*: Memegang peran ganda, responden ini memiliki perspektif yang luas, baik dari sisi pengelolaan umum perusahaan maupun manajemen kebun.
- Kepala Kebun Wilayah Kalimantan Tengah: Mengawasi operasional di lapangan, terutama di wilayah yang penting bagi produksi kelapa sawit nasional.
- Kepala Pabrik Pengolahan Sawit: Bertanggung jawab atas pengolahan hasil panen, kepala pabrik ini adalah kunci dalam memahami bagaimana TI dapat mengoptimalkan proses produksi.
- Kepala Kantor Administrasi: Menyediakan dukungan administratif, kepala kantor ini berperan penting dalam pengelolaan data dan integrasi sistem TI.
- Kepala Riset dan Pengembangan: Fokus pada inovasi, kepala riset ini dapat memberikan wawasan mengenai potensi pengembangan TI di perusahaan.
- Asisten Lapangan: Mewakili operasional harian di lapangan, asisten lapangan ini memberikan perspektif yang esensial untuk implementasi TI yang efektif.

### 2.2 Teknik Pengumpulan Data

- Wawancara Mendalam: Setiap responden akan diwawancarai menggunakan format semi-terstruktur untuk memperoleh data kualitatif mengenai pengalaman, pandangan, dan harapan mereka terhadap integrasi TI di perusahaan.
- Kuesioner: Kuesioner akan diberikan kepada responden untuk mengumpulkan data kuantitatif yang akan

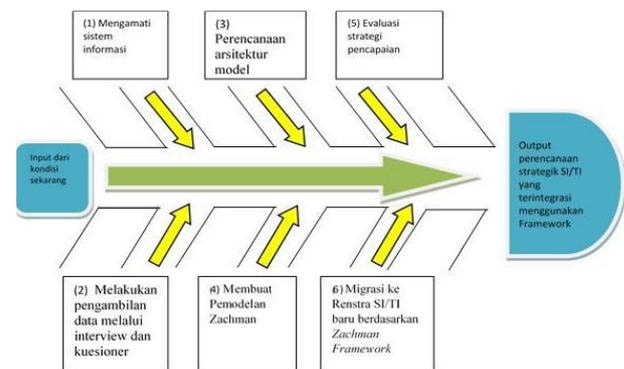
digunakan sebagai bahan analisis dan validasi terhadap temuan kualitatif.

- c) **Observasi:** Penelitian lapangan akan dilakukan untuk mengamati secara langsung proses operasional yang dapat dioptimalkan melalui TI, terutama di kebun dan pabrik pengolahan. Evaluasi yang digunakan seperti efisiensi waktu pengambilan keputusan, tingkat integrasi sistem, atau akurasi pemrosesan data operasional dapat digunakan sebagai dasar metrik evaluasi lebih lanjut.
- d) **Studi Dokumentasi:** Analisis terhadap dokumen-dokumen perusahaan yang relevan seperti laporan tahunan, strategi TI, dan dokumen operasional lainnya akan dilakukan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai konteks penelitian.

### 2.3 Analisis Data

- a) **Analisis Sistem dan Teknologi Saat Ini:** Mengidentifikasi sistem TI yang telah ada dan mengevaluasi kesesuaiannya dengan kebutuhan bisnis perusahaan.
- b) **Pemodelan Bisnis:** Membuat model bisnis yang mengintegrasikan teknologi informasi untuk mendukung fungsi-fungsi bisnis kritis.
- c) **Pengembangan Arsitektur Data dan Aplikasi:** Merancang arsitektur data dan aplikasi yang dibutuhkan untuk mendukung transformasi bisnis dan operasional.
- d) **Analisis SWOT dan PEST:** Melakukan analisis SWOT untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman terkait implementasi TI, serta analisis PEST untuk mengidentifikasi faktor eksternal dan internal yang memengaruhi strategi TI.
- e) **Perencanaan Implementasi:** Menyusun rencana implementasi TI yang mencakup langkah-langkah strategis, sumber daya yang dibutuhkan, serta *timeline* pelaksanaan.
- f) **Validasi data:** Validasi dilakukan melalui simulasi sistem *Enterprise resource planning* (ERP) yang dirancang menggunakan data aktual dari kebun kelapa sawit di Kalimantan

Setelah tahapan analisis data, maka tahapan penelitian ini dapat direpresentasikan dengan penjelasan *Fish Bone Model* pada **Gambar 3**. Hasil analisis akan divalidasi melalui diskusi kelompok terfokus (FGD) dengan para *key person* dan pakar di bidang TI dan industri kelapa sawit. *Fish Bone Model* digunakan karena efektif untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab yang memengaruhi setiap langkah transformasi TI, baik secara langsung maupun tidak langsung. Uji kelayakan juga akan dilakukan untuk memastikan bahwa rencana transformasi yang diusulkan dapat diimplementasikan dengan sumber daya yang tersedia.



**Gambar 3.** Tahapan penelitian *Fish Bone Model*

Penelitian ini direncanakan berlangsung selama sebelas bulan, dimulai dengan tahap pengumpulan data, diikuti oleh analisis dan validasi, hingga penyusunan laporan akhir. Setiap tahapan akan dilaksanakan dengan cermat untuk memastikan kualitas dan relevansi hasil penelitian. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan panduan strategis yang kuat bagi perusahaan kelapa sawit dalam menerapkan TI untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing di tingkat nasional.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penerapan Teknologi Informasi dalam Industri Kelapa Sawit

Industri kelapa sawit di Indonesia menghadapi tantangan global, tekanan untuk efisiensi operasional, serta kebutuhan untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi terkini. Dalam konteks ini, penerapan strategi transformasi teknologi informasi (TI) menjadi sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing nasional.

#### 3.1 Pemetaan Struktur Organisasi dan Proses Bisnis

Studi ini dimulai dengan pemetaan mendalam terhadap struktur organisasi dan proses bisnis di perusahaan kelapa sawit menggunakan kerangka kerja Zachman. Pendekatan ini memecah elemen-elemen organisasi menjadi beberapa komponen utama yang meliputi visi strategis, proses operasional, dan kebutuhan informasi di setiap level manajemen. Hasil dari pemetaan ini menunjukkan adanya fragmentasi dalam aliran informasi antara unit-unit kerja. Setiap unit beroperasi dengan sistem informasi yang tidak terintegrasi secara optimal. Hal ini menyebabkan duplikasi data, keterlambatan dalam pengambilan keputusan, serta inefisiensi dalam alur kerja operasional.

Pada tingkat operasional, Direktur Operasional dan Kepala Kebun mengandalkan data manual dan laporan harian yang sering kali tidak sinkron dengan kebutuhan *real-time* di lapangan. Selain itu, Kepala Pabrik Pengolahan Sawit menghadapi tantangan dalam memantau efisiensi produksi karena kurangnya integrasi antara sistem kontrol produksi dan manajemen bahan baku. Hasil ini mengindikasikan adanya kebutuhan mendesak untuk mengadopsi pendekatan teknologi yang lebih terstruktur dan terintegrasi.

### 3.2 Identifikasi Kesenjangan Teknologi dan Kapabilitas Organisasi

Penggunaan hasil dari pemetaan awal, langkah berikutnya dalam studi ini adalah melakukan analisis kesenjangan teknologi dan kapabilitas organisasi. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan antara kondisi teknologi saat ini dan kondisi ideal yang diharapkan oleh manajemen untuk mendukung produktivitas.

Salah satu temuan kunci dari analisis ini adalah adanya kesenjangan signifikan dalam hal integrasi data. Saat ini, sistem yang ada tidak mampu mengintegrasikan data dari berbagai sumber secara efektif, yang menghambat kemampuan manajemen untuk melakukan analisis prediktif dan pengambilan keputusan berbasis data. Misalnya, data produksi yang dihasilkan di pabrik tidak secara otomatis terhubung dengan data inventaris di gudang, sehingga menyulitkan perencanaan produksi dan distribusi.

Selain itu, kapabilitas teknologi yang ada belum mendukung pengelolaan data dalam jumlah besar (*Big Data*) yang diperlukan untuk analisis lanjutan. Perusahaan juga belum memanfaatkan potensi dari *Internet of Things* (IoT) untuk memonitor kondisi lapangan secara *real-time*, seperti pemantauan kelembapan tanah dan prediksi cuaca yang sangat penting untuk manajemen perkebunan.

### 3.3 Pengembangan Roadmap Transformasi TI

Berdasarkan kesenjangan yang diidentifikasi, *roadmap* transformasi teknologi informasi dirancang untuk menjembatani kesenjangan tersebut dan mempersiapkan perusahaan dalam menghadapi tantangan industri masa depan. *Roadmap* ini terdiri dari beberapa fase yang dirancang untuk diimplementasikan dalam jangka waktu tiga hingga lima tahun, dengan tujuan akhir mencapai integrasi penuh sistem informasi perusahaan.

- Fase 1: Optimalisasi Infrastruktur TI

Pada fase awal, fokus utama adalah penguatan infrastruktur dasar. Ini mencakup peningkatan jaringan komunikasi data yang menghubungkan kebun, pabrik, dan kantor pusat, serta adopsi teknologi *cloud* untuk manajemen data. Pengembangan pusat data terpadu juga menjadi prioritas untuk mendukung integrasi sistem dan penyimpanan data yang lebih efisien.

- Fase 2: Pengembangan Sistem Integrasi dan ERP

Fase kedua berfokus pada pengembangan dan implementasi sistem ERP yang mengintegrasikan seluruh proses bisnis. ERP ini akan mencakup modul-modul penting seperti manajemen kebun, produksi, logistik, keuangan, dan sumber daya manusia. Sistem ini diharapkan mampu mengurangi kesalahan pertukaran informasi, redundansi data penyimpanan data di antara unit serta memungkinkan aliran informasi yang lebih cepat dan akurat sesuai dengan *Standard Operating Procedure* (SOP) perusahaan.

- Fase 3: Pemanfaatan Big Data dan IoT

Di fase ini, perusahaan akan mengimplementasikan teknologi *Big Data* dan IoT untuk meningkatkan kemampuan analitik dan operasional. Sensor IoT akan dipasang di kebun untuk memantau kondisi lingkungan dan tanaman secara *real-time*. Data yang dikumpulkan akan diolah menggunakan teknologi *Big Data* untuk menghasilkan *insight* yang dapat digunakan untuk perencanaan produksi yang lebih presisi, pengelolaan sumber daya, dan pengurangan biaya operasional melalui integrasi peralatan IoT dengan berbagai aplikasi sistem informasi yang telah terintegrasi dan berada di dalam perusahaan, sehingga integritas data dapat selalu dijaga sehingga dapat menghindari redundansi data.

- Fase 4: Pengembangan Kapabilitas SDM

Transformasi TI yang sukses tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kesiapan sumber daya manusia. Oleh karena itu, pelatihan intensif akan dilakukan untuk memastikan bahwa karyawan di semua tingkat memahami dan mampu memanfaatkan teknologi baru ini. Program pelatihan berkelanjutan juga akan diperkenalkan untuk terus meningkatkan keterampilan dan adaptabilitas karyawan terhadap perubahan teknologi.

### 3.4 Implementasi Program Strategis dan Dampaknya terhadap Produktivitas

Selama proses implementasi, sejumlah program strategis telah diinisiasi untuk memastikan keberhasilan transformasi TI. Program-program ini dirancang tidak hanya untuk mengatasi tantangan teknis, tetapi juga untuk membangun budaya perusahaan yang mendukung inovasi teknologi.

- a. Pengembangan Aplikasi Terintegrasi

Salah satu program yang dikembangkan adalah pembuatan aplikasi terintegrasi yang dapat diakses oleh manajemen di semua level. Aplikasi ini dirancang untuk memberikan informasi *real-time* mengenai status produksi, inventaris, dan logistik, yang memungkinkan manajemen untuk membuat keputusan yang lebih cepat dan berbasis data.

- b. Peningkatan Layanan Infrastruktur

Perusahaan juga telah memperkuat layanan infrastruktur TI dengan menambah kapasitas server dan meningkatkan *bandwidth* internet. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua sistem yang telah diintegrasikan dapat berjalan dengan lancar tanpa mengalami gangguan yang dapat menghambat operasi.

- c. Pengelolaan Data dan Informasi

Implementasi sistem manajemen data yang baru memungkinkan pengumpulan, penyimpanan, dan analisis data dalam jumlah besar. Ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga memberikan keunggulan

kompetitif bagi perusahaan melalui penggunaan data untuk inovasi produk dan pengembangan pasar yang baru.

### 3.5 Evaluasi Kinerja dan Keberlanjutan Transformasi

Hasil dari implementasi program strategis ini dievaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa tujuan produktivitas yang diharapkan tercapai. Evaluasi ini melibatkan analisis kinerja sebelum dan sesudah implementasi TI serta penilaian terhadap dampak teknologi baru terhadap efisiensi operasional, pengurangan biaya, dan peningkatan kualitas produk.

Evaluasi awal menunjukkan peningkatan signifikan dalam kecepatan pengambilan keputusan dan pengurangan waktu respons terhadap perubahan kondisi lapangan. Selain itu, pengumpulan data yang lebih akurat dan analitik yang lebih baik memungkinkan perusahaan untuk melakukan perencanaan produksi yang lebih efisien, mengurangi limbah, dan meningkatkan hasil panen. Setelah implementasi diterapkan di perusahaan, waktu pengambilan keputusan berkurang hingga 30%, dan tingkat kesalahan dalam manajemen pengolahan data turun hingga 20%.

Keberlanjutan transformasi ini akan sangat bergantung pada komitmen manajemen dan karyawan untuk terus mengadopsi dan menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi baru. Oleh karena itu, perusahaan akan terus mengalokasikan sumber daya untuk pelatihan dan pengembangan serta melakukan peninjauan rutin terhadap sistem yang ada untuk memastikan bahwa mereka tetap relevan dengan kebutuhan bisnis yang terus berkembang.

### 3.5 Implikasi Strategis

Implikasi strategis dari temuan ini sangat signifikan, terutama dalam konteks daya saing nasional. Dengan adopsi teknologi informasi yang terintegrasi, perusahaan kelapa sawit di Indonesia dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya, dan meningkatkan kualitas produk, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan daya saing di pasar global.

Suatu hal penting bagi setiap perusahaan untuk terus mengevaluasi dan menyesuaikan strategi teknologi mereka dengan perkembangan industri dan kebutuhan pasar yang dinamis. Transformasi yang berkelanjutan dan berorientasi pada inovasi akan menjadi kunci bagi keberhasilan jangka panjang dalam industri kelapa sawit yang sangat kompetitif. *Framework Zachman* ke depannya juga membutuhkan integrasi dengan pendekatan lain seperti metodologi *Agile*.

## 4. KESIMPULAN

Transformasi teknologi informasi di industri kelapa sawit melalui implementasi *Framework Zachman* menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional pada skala nasional. *Framework Zachman* menawarkan pendekatan yang terstruktur dan holistik untuk merencanakan, merancang, dan mengimplementasikan sistem informasi yang dapat

mengintegrasikan seluruh aspek operasional industri kelapa sawit, mulai dari manajemen kebun hingga proses produksi dan distribusi.

1. Pemetaan yang mendalam terhadap struktur organisasi dan proses bisnis yang ada, *framework* ini mampu mengidentifikasi kesenjangan yang signifikan dalam aliran informasi dan integrasi sistem yang saat ini menghambat pengambilan keputusan yang cepat dan tepat. Penerapan teknologi seperti *Enterprise Resource Planning* (ERP) dan *Internet of Things* (IoT) menjadi sangat esensial untuk mempercepat integrasi data dan analisis *real-time*, yang pada akhirnya dapat meningkatkan responsivitas terhadap kondisi lapangan serta optimalisasi sumber daya.
2. *Roadmap* transformasi yang dihasilkan dari analisis *Framework Zachman* memberikan jalur yang jelas bagi perusahaan untuk melakukan transisi teknologi secara bertahap. Pendekatan bertahap ini memastikan bahwa setiap fase transformasi mulai dari optimalisasi infrastruktur, implementasi ERP, hingga adopsi teknologi *Big Data* dan IoT dapat diimplementasikan dengan risiko yang minimal dan manfaat yang maksimal. Pelibatan semua pemangku kepentingan, mulai dari manajemen puncak hingga karyawan lapangan, dalam proses ini juga menunjukkan pentingnya kolaborasi dan komitmen yang kuat untuk memastikan keberhasilan transformasi.
3. Transformasi ini tidak hanya berdampak pada peningkatan efisiensi operasional, tetapi juga pada penguatan daya saing nasional dalam industri kelapa sawit di pasar global. Dengan adopsi teknologi yang tepat dan terintegrasi, perusahaan kelapa sawit di Indonesia dapat mencapai tingkat produktivitas yang lebih tinggi, pengurangan biaya operasional, dan peningkatan kualitas produk yang signifikan. Selain itu, penerapan transformasi ini berpotensi untuk menciptakan standar baru dalam industri, yang tidak hanya meningkatkan profitabilitas perusahaan tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi nasional.
4. tantangan utama dalam implementasi transformasi teknologi informasi ini terletak pada manajemen perubahan dan kesiapan sumber daya manusia. Oleh karena itu, program pelatihan dan pengembangan yang berkelanjutan menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa karyawan di semua tingkatan dapat beradaptasi dengan teknologi baru dan memanfaatkannya secara maksimal.

*Framework Zachman* sebagai kerangka kerja transformasi teknologi informasi dalam industri kelapa sawit memberikan pendekatan yang sistematis dan komprehensif untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing. Keberhasilan transformasi ini sangat bergantung pada integrasi teknologi yang efektif, partisipasi aktif dari seluruh pemangku kepentingan, dan komitmen untuk terus

mengembangkan kapabilitas organisasi dalam menghadapi tantangan teknologi di masa depan.

Pengimplementasian yang tepat dalam industri kelapa sawit di Indonesia dapat mencapai peningkatan yang signifikan dalam produktivitas dan kualitas, yang akan mendukung pertumbuhan berkelanjutan dan meningkatkan posisi Indonesia sebagai pemimpin global dalam industri kelapa sawit dunia.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta melalui pendanaan internal tahun anggaran 2023-2024.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. D. Kartika, I. W. Astika, dan E. Santosa, "Oil palm yield forecasting based on weather variables using artificial neural network," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 3, hal. 626–633, 2016, doi: 10.11591/ijeecs.v3.i3.pp626-633.
- [2] L. A. Widodo, Yogi, S. Manu Rochmiyati, dan W. D. Ulyy Parwati, "Pengaruh Dosis Pupuk N Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Di Pre Nursery Pada Berbagai Kadar Lemas," *J. Agromast*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [3] Kementan, "Outlook Kelapa Sawit," *Pus. Data dan Sist. Inf. Pertan. Sekr. Jenderal - Kementerian. Pertan.* 2018, hal. 86, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [4] N. Haryanti, A. Marsono, dan M. A. Sona, "Strategi Implementasi Pengembangan Perkebunan Kelapa Sawit Di Era Industri 4.0," *J. Din. Ekon. Syariah*, vol. 8, no. 1, hal. 76–87, 2021, doi: 10.53429/jdes.v8i1.146.
- [5] F. Yang dan S. Gu, "Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies," *Complex Intell. Syst.*, vol. 7, no. 3, hal. 1311–1325, 2021, doi: 10.1007/s40747-020-00267-9.
- [6] M. N. Mowla, N. Mowla, A. F. M. S. Shah, K. M. Rabie, dan T. Shongwe, "Internet of Things and Wireless Sensor Networks for Smart Agriculture Applications: A Survey," *IEEE Access*, vol. 11, no. November, hal. 145813–145852, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3346299.
- [7] K. B. Seminar, "Food Chain Transparency for Food Loss and Waste Surveillance," *J. Dev. Sustain. Agric.*, vol. 11, no. 1, hal. 17–22, 2016, doi: 10.11178/jdsa.11.17.
- [8] J. F. Andry, F. Debby, J. D. Wijaya, J. Gunadi, A. Enterprise, dan K. Kerja, "Perancangan Enterprise Architecture Menggunakan Kerangka Kerja Zachman Pada Perusahaan Distribusi," *J. Teknol.*, vol. 15, no. 2, hal. 287–298, 2023.
- [9] M. I. Puspita, I. Ranggadara, dan I. Prihandi, "Framework zachman for design information system logistics management," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 3, hal. 4030–4034, 2019, doi: 10.35940/ijrte.C5377.098319.
- [10] W. Indriyadi, "Palm Oil Plantation in Indonesia: A Question of Sustainability," *Salus Cult. J. Pembang. Mns. dan Kebud.*, vol. 2, no. 1, hal. 1–10, 2022, doi: 10.55480/saluscultura.v2i1.40.
- [11] A. I. Suroso, K. B. Seminar, dan P. Satriawan, "Pengembangan Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Perkebunan Keiapa Sawit," *Manaj. Agribisnis*, vol. 1 No. 1, hal. 33–41, 2004.
- [12] M. Solahudin, K. B. Seminar, dan Supriyanto, "Penerapan Teknologi Informasi Pada Praktek Pertanian Presisi Berwawasan Lingkungan Di Brasil," in *Prosiding Seminar Nasional Himpunan Informatika Pertanian Indonesia (HIPI) 2013*, 2013, hal. 165–171.
- [13] R. Fadma, P. Sinaga, dan B. D. Setiawan, "Peramalan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode Backpropagation (Studi Kasus PT.Sandabi Indah Lestari)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 11, hal. 4613–4620, 2018.
- [14] I. P. Solihin dan M. B. Wibisono, "Desain Kebijakan Sistem Informasi dan Teknologi Informasi Dengan Framework Zachman Pada Perguruan Tinggi Negeri Baru di Jakarta," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 1, no. 3, hal. 266–276, 2017, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v1i3.83>.
- [15] I. Ranggadara, "Zachman Framework Approach for Design Selling Batik Application Based on Cloud," *Int. Res. J. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 12, hal. 15–20, 2019, doi: 10.26562/IRJCS.2017.DCCS10084.



## IDENTIFIKASI PENYAKIT DAUN PADA TANAMAN SOLANACEAE DAN ROSACEAE MENGGUNAKAN DEEP LEARNING

Allan Bil Faqih<sup>1</sup>, Donny Avianto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta  
Yogyakarta, D.I Yogyakarta, Indonesia 55164  
allanbilfaqih214@gmail.com, donny@uty.ac.id

### Abstract

With a projected global population of 9.7 billion by 2050, agriculture faces significant challenges in ensuring food security. One major obstacle is plant diseases that reduce crop yields by 40% per year. Previous research is often limited to disease detection in a single plant species, thus poorly reflecting multi-species needs in real agricultural practices. This research aims to develop and evaluate deep learning-based plant disease detection system using Convolutional Neural Networks (CNN) applied to two plant families, Solanaceae and Rosaceae. The dataset used was PlantVillage, containing 54,306 leaf images in JPEG format downloaded from GitHub, with data outside two families discarded during pre-processing. Three deep learning models were tested: transfer learning with InceptionV3 architecture and two custom CNNs (DFE and LCNN). LCNN model showed the best performance with training, validation, and testing accuracies of 99%, 99%, and 95%, respectively. In contrast, InceptionV3 achieved 96% training, 98% validation, and 92% testing accuracy, while DFE with 86% training, 94% validation, and 82% testing accuracy. Confusion matrix analysis showed difficulty distinguishing between healthy potatoes and potatoes with late blight, as well as cedar apple rust. These results highlights importance of developing specific model architectures rather than complex models for accurate multi-crop disease detection.

**Keywords:** Computer Vision, Convolutional Neural Networks, Deep Learning, Plant Disease Detection, Transfer Learning

### Abstrak

Dengan proyeksi populasi global sebesar 9,7 miliar pada tahun 2050, pertanian menghadapi tantangan signifikan dalam memastikan ketahanan pangan. Salah satu kendala utama adalah penyakit tanaman yang menurunkan hasil panen hingga 40% per tahun. Penelitian sebelumnya sering terbatas pada deteksi penyakit pada satu spesies tanaman, sehingga kurang mencerminkan kebutuhan multi-spesies dalam praktik pertanian nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem deteksi penyakit tanaman berbasis *deep learning* menggunakan *Convolutional Neural Networks* (CNN) yang diterapkan pada dua famili tanaman, *Solanaceae* dan *Rosaceae*. Dataset yang digunakan adalah PlantVillage, berisi 54.306 citra daun dalam format JPEG yang diunduh dari GitHub, dengan data di luar dua famili tersebut dibuang selama pra-pemrosesan. Tiga model *deep learning* diuji: *transfer learning* dengan arsitektur *InceptionV3* dan dua CNN kustom (DFE dan LCNN). Model LCNN menunjukkan kinerja terbaik dengan akurasi pelatihan, validasi, dan pengujian masing-masing sebesar 99%, 99%, dan 95%. Sebaliknya, *InceptionV3* mencapai akurasi pelatihan 96%, validasi 98%, dan pengujian 92%, sedangkan DFE dengan 86% pelatihan, 94% validasi, dan 82% akurasi pengujian. Analisis *confusion matrix* menunjukkan kesulitan membedakan antara kentang sehat dan kentang dengan *late blight*, serta *cedar apple rust*. Hasil ini menyoroti pentingnya pengembangan arsitektur model spesifik dibandingkan model yang kompleks untuk deteksi penyakit *multi-crop* secara akurat.

**Kata kunci:** Computer Vision, Convolutional Neural Networks, Deep Learning, Deteksi Penyakit Tanaman, Transfer Learning

### 1. PENDAHULUAN

Dengan populasi global yang diproyeksikan mencapai 9,7 miliar pada tahun 2050, sektor pertanian menghadapi tantangan signifikan dalam memenuhi permintaan produk pangan yang terus meningkat [1]. Di antara masalah utama yang dihadapi adalah penyakit tanaman, yang memiliki

dampak besar pada produksi pertanian [2]. Penyakit tanaman dapat muncul dalam berbagai bentuk, menunjukkan gejala seperti layu, perubahan warna, pertumbuhan terhambat, dan kematian tanaman [3]. Kondisi ini menyebabkan kerugian tahunan sekitar 20-40% dari

hasil pertanian, yang sangat merugikan terutama bagi petani kecil [4].

Secara tradisional, identifikasi penyakit tanaman dilakukan melalui observasi langsung oleh petani atau ahli agronomi. Namun, metode ini memakan waktu, membutuhkan pengetahuan khusus, dan sering kali tidak akurat jika dilakukan oleh mereka yang kurang berpengalaman. Luasnya lahan pertanian dan beragamnya jenis penyakit membuat deteksi dini menjadi semakin sulit [5]. Dengan memanfaatkan teknologi *Artificial Intelligence* (AI), khususnya *Convolutional Neural Networks* (CNN), terbuka peluang untuk mendeteksi penyakit tanaman secara lebih efisien dan efektif [6]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa CNN dapat mengidentifikasi jenis daun tanaman dengan akurasi tinggi [7], dan telah berhasil diimplementasikan dalam deteksi penyakit pada berbagai jenis tanaman [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Tantangan utama dalam implementasi CNN terletak pada pengelolaan *dataset* yang besar dan kebutuhan komputasi yang tinggi selama proses pelatihan [14]. *Transfer Learning* muncul sebagai solusi yang menjanjikan, memberikan kemungkinan untuk menggunakan model yang telah dilatih untuk kasus yang lebih spesifik [15]. *InceptionV3*, sebuah model CNN yang populer, dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya yang telah terbukti dalam mempercepat pelatihan dengan tetap mempertahankan akurasi tinggi [16]. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa *InceptionV3* dapat mempertahankan akurasi yang baik bahkan dengan *dataset* yang lebih kecil [17], dan efektivitasnya dalam klasifikasi penyakit tanaman [11].

Penelitian ini menggunakan *dataset* PlantVillage, yang terdiri dari 54.306 citra daun yang memiliki format JPEG dari 14 spesies tanaman yang berbeda, termasuk 38 kategori daun yang sakit dan sehat [8]. Untuk penelitian ini, *dataset* tersebut dimodifikasi untuk fokus pada tanaman dari dua keluarga: *Solanaceae* (seperti paprika, tomat, dan kentang) dan *Rosaceae* (seperti apel, ceri, persik, dan stroberi).

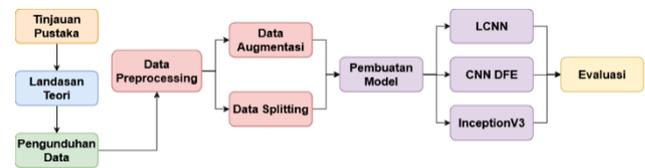
Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan dan mengevaluasi arsitektur *deep learning* untuk deteksi penyakit pada tanaman dari keluarga *Solanaceae* dan *Rosaceae*, dengan membandingkan dua pendekatan utama: *Transfer Learning* menggunakan *InceptionV3* dan CNN yang dirancang khusus. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya terbatas pada deteksi penyakit untuk satu jenis tanaman saja [8], [9], [10], [11], [12], [13], melalui pendekatan multi-tanaman, penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi praktis bagi petani yang umumnya menanam beragam jenis tanaman secara bersamaan, tetapi juga memberikan wawasan mendalam tentang keunggulan relatif dari setiap arsitektur melalui evaluasi dan perbandingan kedua pendekatan tersebut.

Hasil evaluasi diharapkan memberikan solusi yang lebih serbaguna untuk praktik pertanian dunia nyata, sekaligus

mengatasi keterbatasan generalisasi dari penelitian-penelitian sebelumnya.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan sistem identifikasi penyakit tanaman menggunakan *deep learning* CNN akan dijelaskan dengan alur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Alur ini menggambarkan langkah-langkah utama dalam pengembangan sistem identifikasi penyakit tanaman. Proses dimulai dengan tinjauan pustaka untuk memahami penelitian sebelumnya dan metode yang digunakan, serta untuk mencari celah penelitian. Selanjutnya, pada bagian Landasan Teori, akan dibahas metode atau konsep yang diterapkan dalam penelitian ini, termasuk CNN, *Transfer Learning*, dan model *InceptionV3*. Setelah itu, data berupa citra daun yang menunjukkan berbagai gejala penyakit diunduh dari PlantVillage di GitHub.

Kemudian, data tersebut menjalani *preprocessing*, termasuk membagi *dataset* menjadi data pelatihan dan validasi, serta melakukan *data augmentation* untuk memastikan keragaman *dataset*. Tiga model dibuat: satu model berdasarkan arsitektur *InceptionV3* dan dua model CNN kustom untuk perbandingan. Setelah pelatihan, model-model ini mengidentifikasi penyakit tanaman dari citra daun.

Model-model tersebut dievaluasi menggunakan metrik kinerja seperti *confusion matrix* dan *classification report*, dan model akan disimpan untuk digunakan di luar lingkungan pelatihan.

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai penggunaan CNN untuk klasifikasi berbagai objek telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Ramadhani et al. melakukan penelitian tentang klasifikasi jenis tumbuhan berdasarkan citra daun menggunakan arsitektur CNN VGG-16. Penelitian tersebut menggunakan *dataset* sebanyak 2300 citra daun yang terbagi menjadi 23 kelas. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi mencapai 92,6% pada proses *training* dan 92% pada proses klasifikasi dengan pengujian 50 citra. Meskipun demikian, peneliti menyimpulkan bahwa efektivitas model dalam mengklasifikasi jenis tumbuhan masih kurang baik [7].

Implementasi CNN untuk klasifikasi penyakit pada daun berbagai tanaman telah dibuktikan efektivitasnya oleh beberapa penelitian. Henry et al. mengembangkan model CNN yang menjadi *state of the art* untuk klasifikasi

penyakit pada daun tomat dengan *dataset* sebanyak 18.162 citra dan mencapai akurasi *training* 94,06% dengan *loss function* 7,8% [8]. Sulistiyana dan Anardani memberikan kontribusi penting dengan membuktikan superioritas CNN (98%) dibanding SVM (87%) dalam deteksi penyakit jagung, menunjukkan bahwa CNN lebih efektif dalam mengekstrak fitur kompleks dari citra daun [10]. Rijal et al. juga menunjukkan efektivitas CNN dalam mengklasifikasikan penyakit pada Padi dengan tingkat akurasi validasi mencapai 80% [13].

Penggunaan *transfer learning* dalam implementasi CNN juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Setiawan et al. menggunakan arsitektur *ResNet152V2* untuk klasifikasi penyakit pada daun tomat dan berhasil mencapai akurasi 97% [11]. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *transfer learning* dapat meningkatkan efektivitas klasifikasi. Hal ini diperkuat oleh penelitian Vicky et al. yang menggunakan arsitektur *Inception* untuk mengidentifikasi penyakit pada daun alpukat, dimana penggunaan *transfer learning* membantu dalam proses identifikasi penyakit melalui citra digital dengan tingkat akurasi sebesar 80% [9]. Sementara itu, Pratama et al. menggunakan model *transfer learning* CNN-nya menghadirkan inovasi dengan mengatasi masalah *overfitting* menggunakan *dropout* pada klasifikasi penyakit daun pisang, mencapai akurasi 92% yang stabil bahkan dengan *dataset* terbatas [12].

Meskipun penelitian-penelitian tersebut menunjukkan hasil yang menjanjikan, terdapat beberapa keterbatasan signifikan. Pendekatan *single-crop* yang digunakan membatasi aplikasi praktis di lapangan. Model-model ini memerlukan pelatihan ulang untuk setiap jenis tanaman baru, sehingga kurang efisien untuk implementasi skala besar. Selain itu, kemampuan generalisasi model terhadap berbagai jenis tanaman belum teruji secara menyeluruh.

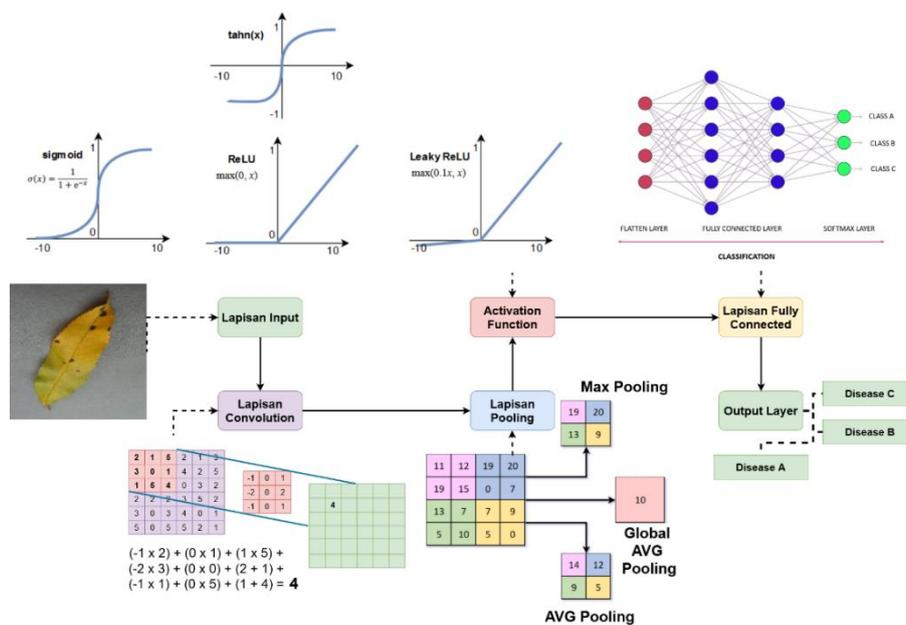
Berdasarkan analisis *state of the art* dan keterbatasan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan model yang dapat menangani *multiple crops* sekaligus. Pendekatan ini diharapkan dapat mempertahankan akurasi tinggi yang telah dicapai penelitian sebelumnya, sambil mengatasi keterbatasan dalam hal generalisasi dan implementasi praktis. Selain itu, akan dilakukan perbandingan beberapa arsitektur *deep learning* untuk mengidentifikasi model yang paling optimal dalam menangani kasus *multiple crops*. Dengan fokus pada tanaman dari keluarga *Solanaceae* dan *Rosaceae*, penelitian ini bertujuan mengembangkan solusi yang lebih komprehensif dan mudah diakses bagi petani dalam mendeteksi penyakit tanaman secara cepat dan akurat.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Convolutional Neural Networks

*Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan jenis arsitektur jaringan syaraf yang dirancang khusus untuk mengolah data dalam bentuk matriks 2 dimensi (2D), seperti citra. CNN merupakan evolusi dari *Multilayer Perceptron* (MLP) dan termasuk ke dalam kategori *deep learning*, dengan kemampuan untuk memproses kumpulan data yang besar dengan berbagai parameter. Dengan memanfaatkan lapisan konvolusi, CNN mampu menangkap fitur-fitur dalam data secara efektif, menjadikannya alat yang tepat untuk tugas-tugas seperti pengenalan pola pada citra [18].

CNN pada umumnya terdiri dari lima komponen utama yang memungkinkan pemrosesan citra secara efisien, yaitu lapisan *input*, lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, fungsi aktivasi, dan lapisan *fully-connected* [18]. Seperti yang terlihat pada Gambar 2 di bawah.

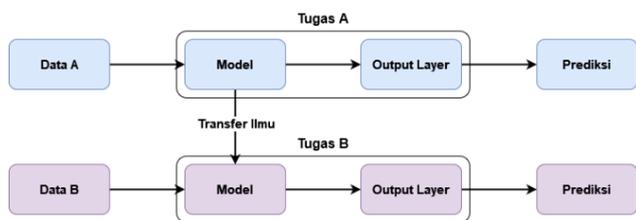


Gambar 2. Arsitektur Komponen CNN pada umumnya

CNN dikenal mampu memberikan performa yang sangat baik dalam tugas terkait identifikasi dan klasifikasi citra. Dalam konteks identifikasi penyakit tanaman, CNN dapat mengenali gejala penyakit dengan menganalisis perubahan warna, bentuk, dan tekstur pada daun tanaman, meskipun penelitian tersebut hanya berfokus pada tanaman tomat [11]. Penelitian sebelumnya juga telah menunjukkan bahwa CNN dapat mencapai akurasi yang tinggi dalam klasifikasi daun tanaman [7].

### 2.2.2 Transfer Learning

Transfer Learning (TL) adalah teknik *machine learning* yang memungkinkan pengetahuan yang diperoleh dari hasil pemecahan suatu masalah untuk diterapkan pada masalah lain namun terkait, misalnya yang masih berkaitan dengan citra. Hal ini sangat berguna ketika data yang tersedia untuk mencapai target tugas itu terbatas, sehingga memungkinkan model untuk memanfaatkan pengetahuan dari domain atau tugas lain untuk meningkatkan kinerja [14], seperti yang digambarkan pada Gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Cara Kerja Transfer Learning

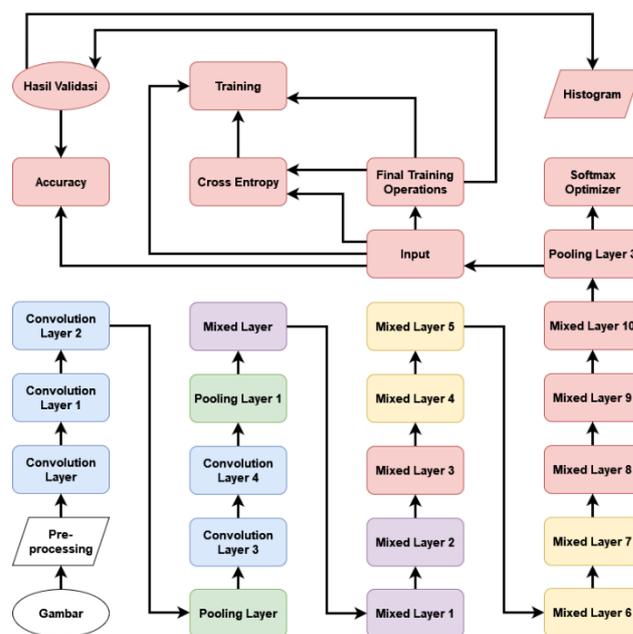
TL umumnya dibagi menjadi tiga pendekatan utama berdasarkan hubungan antara domain sumber dan target yaitu, *Transfer Learning* Induktif, Transduktif, dan Tanpa Pengawasan [14]. Dalam penelitian ini, TL Induktif digunakan, karena tugas identifikasi penyakit tanaman akan mendapat manfaat dari penggunaan model yang sudah terlatih seperti *InceptionV3*. Dalam TL Induktif, tugas sumber dan target itu berbeda tetapi memiliki domain yang sama. Misalnya, dengan memanfaatkan model yang sudah dilatih sebelumnya pada *dataset* yang luas seperti *ImageNet* (yang terdiri dari 20.000 kategori objek), untuk menyempurnakannya tugas-tugas tertentu, seperti mengidentifikasi penyakit tanaman dari citra daun.

Kemampuan *Transfer Learning* untuk menggunakan kembali pengetahuan yang sudah ada untuk tugas-tugas baru, tidak hanya mengurangi kebutuhan akan kumpulan data berlabel besar, tetapi juga secara signifikan mempercepat proses pelatihan, sehingga menjadikannya teknik yang sangat penting dalam sistem AI modern [14].

### 2.2.3 InceptionV3

*InceptionV3* adalah model *pre-trained* yang tersedia di *TensorFlow*, sebagai kelanjutan dari versi sebelumnya seperti *InceptionV1* dan *InceptionV2*. Dirilis pada tahun 2015, model ini dirancang untuk meningkatkan performa dalam berbagai tugas *computer vision* [19]. Gambar 4 di

bawah memperlihatkan bahwa model ini memiliki banyak layer.



Gambar 4. Arsitektur InceptionV3

Dengan struktur yang mendalam dan komprehensif ini, *InceptionV3* mampu mencapai akurasi tinggi dalam berbagai tugas pengenalan citra, menjadikannya salah satu model yang populer dalam bidang *computer vision* [15].

### 2.3 Pengunduhan Data

Data yang diterapkan dalam penelitian ini berasal dari *dataset* PlantVillage yang tersedia di Github. *Dataset* tersebut berisi total 54,306 sampel citra berformat JPEG dengan 38 kelas penyakit maupun sehat yang berasal dari 14 jenis tanaman yaitu Apel, Bluberi, Ceri, Jagung, Anggur, Jeruk, Persik, Lada, Kentang, Rasberi, Kedelai, Labu, Stroberi, dan Tomat. *Dataset* ini sudah disusun secara rapi, dengan setiap penyakit tanaman ditandai dengan cermat [8].

Dalam penelitian ini, *dataset* dimodifikasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dengan menghilangkan data tanaman di luar spesies *Solanaceae* dan *Rosaceae* untuk memudahkan proses penelitian. Modifikasi ini menghasilkan total 25 kelas. Tanaman yang dihilangkan dari *dataset* meliputi Bluberi, Rasberi, Kedelai, Labu, Jagung, Anggur, dan Jeruk karena tidak termasuk dalam kedua spesies yang menjadi fokus penelitian. Selain itu, setiap kelas diberi kode untuk meningkatkan keterbacaan.

Tabel 1. Kelas yang ada pada Dataset PlantVillage

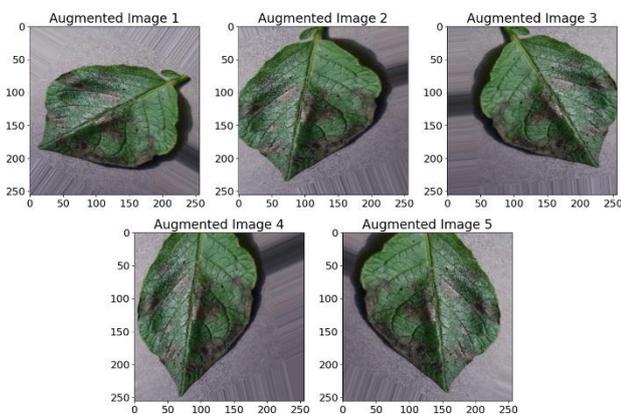
Dataset PlantVillage	
Apple Apple scab (A-SCAB)	Strawberry healthy (S-HLTH)
Apple Black rot (A-ROT)	Strawberry Leaf scorch (S-LSCR)
Apple Cedar apple rust (A-CRUST)	Tomato Bacterial spot (T-BSPT)
Apple healthy (A-HLTH)	Tomato Early blight (T-EBLT)
Cherry healthy (C-HLTH)	Tomato healthy (T-HLTH)

Dataset PlantVillage	
Cherry Powdery mildew (C-PMIL)	Tomato Late blight (T-LBLT)
Peach Bacterial spot (PE-BSPT)	Tomato Leaf Mold (T-LM)
Peach healthy (PE-HLTH)	Tomato Septoria leaf spot (T-SSP)
Pepper bell Bacterial spot (BP-BSPT)	Tomato Spider mites Two-spotted spider mite (T-SM)
Pepper bell healthy (BP-HLTH)	Tomato Target Spot (T-TS)
Potato Early blight (P-EBLT)	Tomato Tomato mosaic virus (T-MV)
Potato healthy (P-HLTH)	Tomato Tomato Yellow Leaf Curl Virus (T-YCV)
Potato Late blight (P-LBLT)	

## 2.4 Data Preprocessing

Dataset PlantVillage yang telah diperoleh akan melalui tahap *preprocessing* agar data citra dapat diolah oleh model dengan tingkat akurasi yang optimal.

Tahap pertama adalah membuat label dari nama folder dan memasukkannya ke dalam *dataframe* yang dibagi menjadi *train*, dan *validation (val)* dengan rasio 80:20. Selanjutnya, *train set* diacak (*randomized*) untuk memastikan model dapat belajar dari data secara efisien. Setelah itu, dilakukan *augmentasi* pada data *train* dan *validation* dengan menerapkan teknik seperti rotasi, *horizontal flip*, pergeseran lebar dan tinggi (*width and height shift*), *shear*, serta *zoom*. Gambar 5 berikut ini adalah contoh citra yang sudah di-*augmentasi*.



Gambar 5. Contoh Hasil Data Augmentation pada Dataset

Kelima citra di atas merupakan citra yang telah di-*augmentasi* dengan teknik yang telah disebut sebelumnya. Perbedaan pada setiap citra tersebut adalah nilai *augmentasi* semua teknik yang bersifat acak, dengan rentang yang sudah disesuaikan, yang dapat dilihat pada Tabel 6 Parameter Dasar bagian *Data Augmentation*. Berikut adalah penjelasan perbedaan pada masing-masing citra: Terlihat pada *Augmented Image 1*, gambar telah dilakukan rotasi ke kanan dengan rentang 32 derajat, pengecilan sekitar 0,8, serta terlihat adanya kemiringan pada perspektif sehingga telah dilakukan *shearing*. Pada *Augmented Image 2*, gambar telah digeser ke kiri dan atas, rotasi ke kiri, dan *shearing*. Lalu pada *Augmented Image 3*, dilakukan *horizontal flip* serta pergeseran ke kanan dan atas. Pada *Augmented Image*

4, gambar diperbesar, digeser ke kiri dan atas, serta terdapat rotasi ke kiri. Terakhir pada *Augmented Image 5*, gambar dilakukan *horizontal flip* lalu dirotasi ke kanan dan diperbesar.

## 2.5 Pembuatan Model

Pada penelitian ini, pembuatan model diawali dengan pembuatan *callback*, agar memudahkan proses perawatan pada saat pelatihan. *Callback* kustom ini memantau dan menyesuaikan *learning rate* selama pelatihan berdasarkan kinerja model. Parameter seperti *patience*, *stop\_patience*, *threshold*, dan *factor* menentukan kapan *learning rate* harus diturunkan jika akurasi atau *loss* tidak membaik. *Callback* ini juga memonitor *epoch*, akurasi, dan *loss* terbaik, menyimpan *weights* optimal untuk mencegah *overfitting*, serta dapat menghentikan pelatihan secara otomatis atau manual jika diperlukan. Selain itu, metrik pelatihan seperti akurasi dan *loss* dipantau dan ditampilkan secara *real-time*.

Pada model ini, arsitektur *InceptionV3* digunakan hingga lapisan terakhir sebelum *fully connected layer* untuk menghasilkan vektor fitur, seperti yang terlihat pada Tabel 2 di bawah. Lapisan-lapisan tambahan kemudian dibangun di atas vektor fitur ini untuk menyesuaikan model dengan *dataset* penyakit daun.

Tabel 2. Arsitektur Model *InceptionV3*

Layer (type)	Output Shape	Param #
<i>keras_layer (KerasLayer)</i>	(None, 2048)	21802784
<i>batch_normalization</i>	(None, 2048)	8192
<i>dense (Dense)</i>	(None, 256)	524544
<i>dropout (Dropout)</i>	(None, 256)	0
<i>dense_1 (Dense)</i>	(None, 25)	6425
<b>Total params</b>	:	22,342,973
<b>Trainable params</b>	:	536,093
<b>Non-trainable params</b>	:	21,806,880

## 2.6 Evaluasi

### 2.6.1 Metode Evaluasi

Evaluasi model dalam penelitian ini mengimplementasikan tiga metode analisis: *training curve*, *Classification Report*, dan *Confusion Matrix*. Ketiga metode ini dipilih untuk memberikan evaluasi komprehensif terhadap performa model yang dikembangkan.

Pada *Classification Report* disajikan evaluasi performa model menggunakan empat metrik fundamental. *Accuracy* mengukur rasio prediksi benar terhadap total prediksi. *Precision* mengevaluasi ketepatan prediksi positif model. *Recall* mengukur kemampuan model dalam mendeteksi kasus positif yang seharusnya terklasifikasi. *F1-Score* memberikan nilai tengah antara *precision* dan *recall*. Metrik-metrik ini dihitung menggunakan formula:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)}$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

$$F1-Score = 2 \times \frac{(Presisi \times Recall)}{(Presisi+Recall)}$$

Dimana *true positive* (TP) mengacu pada jumlah yang terdeteksi positif secara benar, *true negative* (TN) adalah jumlah yang terdeteksi negatif secara benar, *false positive* (FP) merujuk pada jumlah yang terdeteksi positif secara salah, dan *false negative* (FN) mengacu pada jumlah yang terdeteksi negatif secara salah.

### 2.6.2 Rencana Eksperimen

Rencana eksperimen dirancang untuk mengevaluasi performa model melalui berbagai parameter yang relevan. Dalam eksperimen ini, model diuji menggunakan *dataset* yang telah diolah sebelumnya. Rancangan eksperimen ini juga mempertimbangkan variasi kondisi pelatihan dan pengujian untuk mendapatkan hasil yang komprehensif. Rencana Eksperimen dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Rencana Eksperimen

Eksperimen	Keterangan
Model Arsitektur	<i>InceptionV3</i> , CNN DFE, LCNN
Optimizer	<i>Adam</i> , <i>Adamax</i>
Pembagian Data	80% <i>Train</i> , 20% <i>Validation</i> ; 70% <i>Train</i> , 30% <i>Validation</i>

Pada model CNN *Deep Feature Extractor* (DFE), arsitektur lapisan *Keras* dari *InceptionV3* disederhanakan dengan mengganti lapisan-lapisan tersebut dengan serangkaian lapisan konvolusi dan *pooling*. Jumlah filter konvolusi (32 dan 64) dipilih berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa nilai ini optimal untuk mendeteksi fitur pada citra tanaman. Ukuran *dense layer* sebesar 256 juga ditentukan dengan merujuk pada penelitian serupa, yang menyatakan bahwa nilai ini memberikan keseimbangan antara kapasitas model dan efisiensi komputasi. Setiap lapisan konvolusi diikuti oleh aktivasi *ReLU*, yang berfungsi untuk memperkenalkan *non-linearitas*, sebelum diakhiri dengan lapisan *Flatten* untuk mengubah data tiga dimensi menjadi satu dimensi, sehingga memudahkan proses klasifikasi. Arsitektur DFE dirancang untuk menangkap fitur-fitur penting dari citra *input* dengan efisien, sebagaimana terlihat pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Arsitektur Model CNN DFE

Layer (type)	Output Shape	Param #
<i>conv2d (Conv2D)</i>	(None, 222, 222, 32)	896
<i>max_pooling2d (MaxPooling2D)</i>	(None, 111, 111, 32)	0
<i>conv2d_1 (Conv2D)</i>	(None, 109, 109, 64)	18,496
<i>max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)</i>	(None, 54, 54, 64)	0
<i>conv2d_2 (Conv2D)</i>	(None, 52, 52, 64)	36,928

Layer (type)	Output Shape	Param #
<i>flatten (Flatten)</i>	(None, 173056)	0
<i>dense (Dense)</i>	(None, 256)	44,302,592
<i>dropout (Dropout)</i>	(None, 256)	0
<i>Total params</i>	:	44,365,337
<i>Trainable params</i>	:	44,365,337
<i>Non-trainable params</i>	:	0

Sementara itu, pada model *Layered CNN* (LCNN), penambahan *batch normalization* di antara setiap lapisan konvolusi dan *pooling* bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan kecepatan pelatihan dengan menormalkan distribusi aktivasi. Hal ini memungkinkan model untuk beradaptasi dengan perubahan distribusi data selama proses pelatihan. Di samping itu, arsitektur LCNN juga dimodifikasi dengan penggunaan lapisan *Dense* yang lebih beragam dan penerapan *dropout* yang lebih tinggi untuk mencegah *overfitting*. Penggunaan 128 *filter* pada *conv2d\_2* merupakan peningkatan dari *layer* sebelumnya (64) untuk memungkinkan deteksi fitur yang lebih kompleks pada level yang lebih dalam. Regularisasi L2 diterapkan pada lapisan *Dense* untuk memberikan kontrol tambahan terhadap kompleksitas model dan menjaga generalisasi. Pendekatan ini memastikan bahwa LCNN memiliki kapasitas yang baik untuk belajar dari data tanpa kehilangan kemampuan generalisasi, serta meningkatkan akurasi pada pengujian model. Arsitektur Model LCNN dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Arsitektur Model LCNN

Layer (type)	Output Shape	Param #
<i>conv2d (Conv2D)</i>	(None, 222, 222, 32)	896
<i>batch_normalization (BatchNormalization)</i>	(None, 222, 222, 32)	128
<i>max_pooling2d (MaxPooling2D)</i>	(None, 111, 111, 32)	0
<i>conv2d_1 (Conv2D)</i>	(None, 109, 109, 64)	18,496
<i>batch_normalization_1 (BatchNormalization)</i>	(None, 109, 109, 64)	256
<i>max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)</i>	(None, 54, 54, 64)	0
<i>conv2d_2 (Conv2D)</i>	(None, 52, 52, 128)	73,856
<i>batch_normalization_2 (BatchNormalization)</i>	(None, 52, 52, 128)	512
<i>Total params</i>	:	19,402,969
<i>Trainable params</i>	:	19,402,009
<i>Non-trainable params</i>	:	960

Pemilihan *Adam* dan *Adamax* didasarkan pada rekam jejak keduanya yang sangat baik dalam tugas-tugas *deep learning*, terutama dalam klasifikasi citra. *Adam* dikenal karena kemampuannya yang unggul dalam mengombinasikan kecepatan konvergensi dengan stabilitas, sedangkan *Adamax*, sebagai variasi dari *Adam*, sering kali menunjukkan performa yang lebih baik pada data dengan nilai gradien yang lebih tinggi [20].

Skema 80% pelatihan dan 20% validasi dipilih karena umum digunakan dan memberikan data cukup untuk

melatih model serta mencegah *overfitting*. menguji generalisasi model dengan evaluasi yang lebih menyeluruh melalui jumlah data validasi yang lebih besar [21].

### 2.6.3 Penyimpanan Model

Setelah proses pelatihan dan evaluasi selesai, model disimpan dalam format *SavedModel*, yang merupakan format standar untuk menyimpan model *TensorFlow* beserta *metadata* terkait. Setelah itu, file model diarsipkan untuk memudahkan penyimpanan dan distribusi. Model yang telah disimpan ini dapat diimplementasikan di luar lingkungan IDE untuk melakukan proses identifikasi penyakit pada daun, baik di perangkat lokal maupun di server, sesuai kebutuhan aplikasi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pelatihan Model

Setelah model dibuat, langkah selanjutnya adalah melatih model tersebut. Pelatihan akan dilakukan sesuai dengan rencana eksperimen yang telah dibuat sebelumnya. Namun, sebelum proses pelatihan dimulai, perlu dibahas terlebih dahulu parameter dasar yang akan digunakan secara konsisten di semua model, seperti yang tertera pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Parameter Dasar

Kategori	Parameter	Nilai
<b>Input &amp; Preprocessing</b>	<i>Image Size</i>	299 x 299 pixels ( <i>InceptionV3</i> ), 224 x 224 pixels (CNN kustom)
	<i>Batch Size</i>	32 ( <i>generator</i> ), 64 ( <i>extractor</i> ), 40 ( <i>training</i> )
<b>Data Augmentation</b>	<i>Rescale</i>	1/255
	<i>Rotation Range</i>	40°
	<i>Width/Height Shift</i>	0.2
	<i>Shear/Zoom Range</i>	0.2
<b>Training</b>	<i>Base Learning Rate</i>	0.001
	<i>Loss Function</i>	<i>categorical_crossentropy</i>
	<i>Epochs</i>	20
<b>Callbacks</b>	<i>Patience</i>	1
	<i>Stop Patience</i>	3
	<i>LR Reduction Factor</i>	0.5
	<i>Accuracy Threshold</i>	0.9
	<i>Momentum</i>	0.99
<b>Batch Normalization</b>	<i>Epsilon</i>	0.001

Parameter dasar dalam penelitian ini dipilih berdasarkan praktik terbaik dan hasil penelitian sebelumnya untuk memastikan efisiensi dan performa model. Ukuran *input* 299x299 piksel digunakan untuk *InceptionV3* sesuai spesifikasinya [22], sementara ukuran 224x224 untuk CNN kustom dipilih karena efisien dalam menangkap fitur dan komputasi [23]. *Batch size* bervariasi (32, 64, 40) untuk mengoptimalkan stabilitas pelatihan dan pemanfaatan memori. Data *augmentasi* mencakup *rescaling* (1/255) untuk normalisasi, rotasi 40°, pergeseran posisi (0.2), serta

*shear* dan *zoom* (0.2) untuk meningkatkan tingkat *robustness* pada model terhadap variasi data.

*Base learning rate* 0.001 dan fungsi *loss categorical\_crossentropy* dipilih untuk stabilitas pelatihan pada masalah klasifikasi multikelas, dengan *epochs* maksimum 20 dan *early stopping (patience)* 3 untuk mencegah *overfitting*. *Callback* seperti reduksi *learning rate* (faktor 0.5) dan momentum 0.99 digunakan untuk mempercepat konvergensi. Epsilon 0.001 pada *batch normalization* menjaga stabilitas numerik selama pelatihan. Parameter ini dipilih untuk memberikan keseimbangan optimal antara kapasitas model dan efisiensi komputasi.

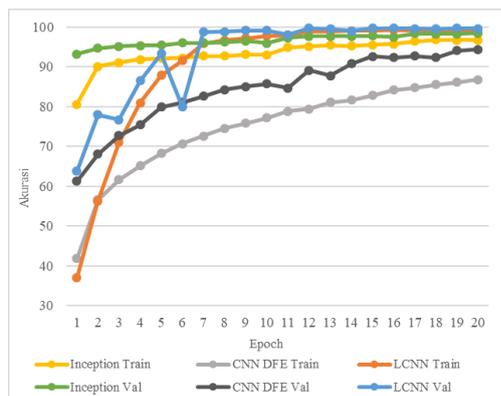
Setelah parameter dasar ditetapkan, eksperimen dilaksanakan. Proses pelatihan dilakukan menggunakan *Kaggle IDE* karena memiliki kecepatan tinggi, biaya yang efektif, dan kemudahan penggunaan. Hasil eksperimen ditunjukkan pada Tabel 7, dengan durasi pelatihan sekitar 1 jam untuk setiap model berbasis *InceptionV3* dan sekitar 30 menit untuk setiap model CNN kustom.

Tabel 7. Hasil Eksperimen

No	Eksperimen		Rasio	Akurasi F1-Score	Loss	
	Model	Optimizer			Train	Val
1	<i>InceptionV3</i>	<i>Adamax</i>	80:20	98%	0.43	0.4
2	<i>InceptionV3</i>	<i>Adamax</i>	70:30	98%	0.47	0.4
3	<i>InceptionV3</i>	<i>Adam</i>	80:20	97%	0.5	0.4
4	<i>InceptionV3</i>	<i>Adam</i>	70:30	98%	0.44	0.4
5	CNN DFE	<i>Adamax</i>	80:20	94%	1.12	0.9
6	CNN DFE	<i>Adamax</i>	70:30	93%	1.19	1
7	CNN DFE	<i>Adam</i>	80:20	83%	2.45	2.2
8	CNN DFE	<i>Adam</i>	70:30	80%	2.28	2
9	LCNN	<i>Adamax</i>	80:20	99%	0.19	0.2
10	LCNN	<i>Adamax</i>	70:30	98%	0.2	0.2
11	LCNN	<i>Adam</i>	80:20	89%	1.73	1.8
12	LCNN	<i>Adam</i>	70:30	93%	1.11	0.8

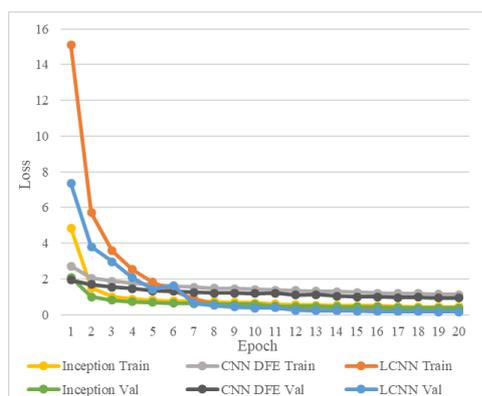
Hasil eksperimen diperoleh dari pengujian berbagai konfigurasi model sesuai pada tabel 6 pada *Kaggle IDE*. Dari tabel hasil, terlihat bahwa model *InceptionV3* dan LCNN menunjukkan performa paling konsisten dengan akurasi tinggi (98-99%) dan *loss* rendah (0.2-0.4), sementara model CNN DFE memiliki performa sedikit lebih rendah dengan akurasi 80-94%.

Maka dari itu dari antara 12 eksperimen yang dilakukan, 3 eksperimen yang memiliki akurasi tertinggi di setiap jenis model diambil, yaitu eksperimen yang mewakili 3 model CNN yang digunakan: Model *InceptionV3*, CNN DFE, dan LCNNs. Eksperimen yang terpilih adalah eksperimen di-highlight pada tabel di atas yaitu 1, 5, dan 9. Untuk menggambarkan lebih lanjut kinerja mereka, kurva akurasi untuk hasil ini ditampilkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Akurasi Train dan Val InceptionV3 vs CNN DFE vs LCNN

Metrik *Loss* untuk ketiga model ditampilkan pada Gambar 7 di bawah ini, dimana pada pelatihan, nilai *Loss* masing-masing model adalah 0.43 untuk *InceptionV3*, 1.12 untuk CNN DFE, dan 0.19 untuk LCNN. Sementara itu, untuk validasi, nilai *Loss* bernilai sebesar 0.4 untuk *InceptionV3*, 0.9 untuk CNN DFE, dan 0.2 untuk LCNN. Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga model bekerja dengan baik selama pelatihan, dengan LCNN menunjukkan kinerja terbaik. Nilai *Loss* yang lebih rendah mencerminkan kemampuan yang lebih baik dalam memprediksi data pelatihan, dengan LCNN unggul dalam hal ini diikuti oleh *InceptionV3* dan CNN DFE.



Gambar 7. Loss Train dan Val InceptionV3 vs CNN DFE vs LCNN

Di antara 12 eksperimen yang dilakukan, hasil performa menunjukkan variasi yang signifikan antar model dan parameter yang digunakan. Analisis detail untuk semua model adalah sebagai berikut.

Model LCNN menunjukkan performa terbaik dengan akurasi *training* mencapai 99% (eksperimen 9) menggunakan *optimizer Adamax* dan rasio 80:20. Model ini juga mencapai nilai *loss* terendah yaitu 0.19 untuk *training* dan 0.2 untuk validasi. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur berlapis pada LCNN sangat efektif dalam mengekstrak fitur-fitur penting dari citra. Konsistensi antara nilai *loss training* dan *validasi* yang hampir sama (0.19 dan 0.2) juga mengindikasikan bahwa model ini memiliki generalisasi yang baik.

Model *InceptionV3* menunjukkan performa yang stabil di semua eksperimen dengan akurasi *training* berkisar 97-98%. Khususnya pada eksperimen 1, model mencapai akurasi 98% dengan *loss training* 0.43 dan *loss validasi* 0.4. Perbedaan yang kecil antara *loss training* dan *validasi* menunjukkan model tidak mengalami *overfitting* yang signifikan. Performa model relatif konsisten baik menggunakan *optimizer Adam* maupun *Adamax*, yang menunjukkan *robustness* dari arsitektur *InceptionV3*.

Model CNN DFE menunjukkan variasi performa yang lebih besar. Dengan *optimizer Adamax* (eksperimen 5 dan 6), model mencapai akurasi *training* 93-94% dengan *loss* yang lebih tinggi dibanding model lainnya (1.12-1.19). Namun performa menurun signifikan dengan *optimizer Adam*, dimana akurasi turun hingga 80-83% dengan *loss* yang meningkat hingga 2.28-2.45. Hal ini mengindikasikan bahwa CNN DFE lebih sensitif terhadap pemilihan *optimizer*.

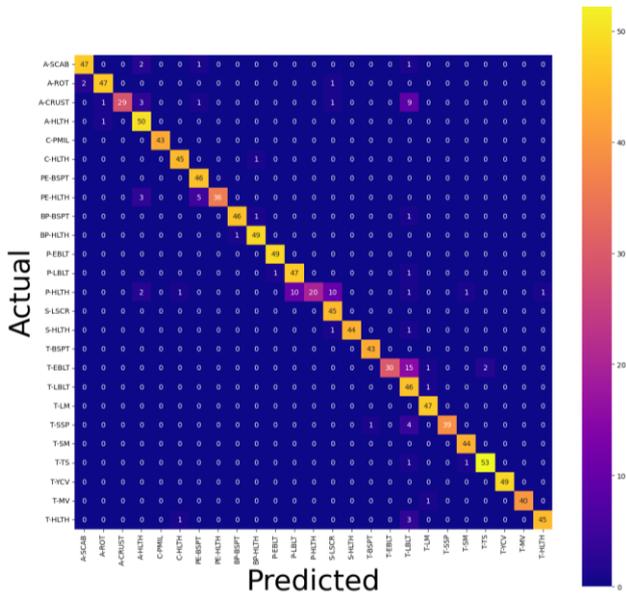
Dari segi stabilitas, LCNN dan *InceptionV3* menunjukkan performa yang lebih konsisten dibanding CNN DFE. Hal ini terlihat dari gap antara nilai *loss training* dan validasi yang lebih kecil, serta konsistensi akurasi di berbagai konfigurasi parameter. LCNN unggul dalam mencapai akurasi tertinggi dan *loss* terendah, sementara *InceptionV3* menunjukkan stabilitas yang baik dengan performa yang konsisten di semua eksperimen.

Setelah hasil dari ketiga model diperoleh, pengujian lebih lanjut terhadap model perlu dilakukan untuk mengevaluasi performa dalam skenario dunia nyata, memastikan keandalan dan keakuratannya sebelum penerapan.

### 3.2 Pengujian Model

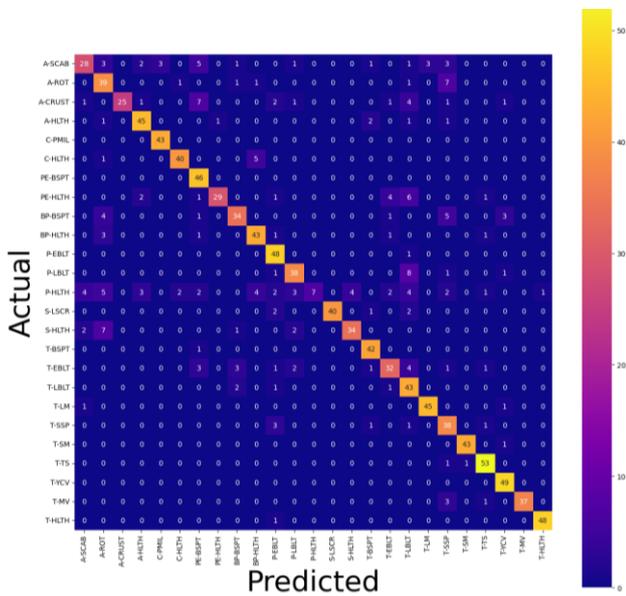
Pengujian berfungsi untuk menentukan keefektifan model dalam mengidentifikasi objek (dalam penelitian ini, daun) dan untuk memastikan bahwa model yang telah dilatih tidak mengalami *overfitting*. Oleh karena itu, proses pengujian ini sangat penting. Pengujian dilakukan dengan menggunakan model yang telah disimpan sebelumnya, yang kemudian dijalankan dalam lingkungan yang berbeda, dalam hal ini, *VS Code*. Model yang digunakan adalah ketiga *best* model yaitu model nomor 1 (*InceptionV3*), nomor 5 (CNN DFE) dan nomor 9 (LCNN). Model ini akan diuji dengan Data uji yang terdiri dari 40 hingga 50 sampel untuk setiap kelas penyakit (atau kategori sehat). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, tingkat keberhasilan pengujian model ini dievaluasi dengan menggunakan metode seperti *classification report* dan *confusion matrix*.

Hasil dari *confusion matrix* untuk model *InceptionV3* dapat dilihat pada Gambar 8. Dalam *confusion matrix* berikut, setiap kelas penyakit direpresentasikan dengan singkatan yang sesuai dengan daftar kelas pada Tabel 1, seperti 'A-SCAB' untuk *Apple Scab*.



Gambar 8. Confusion Matrix InceptionV3

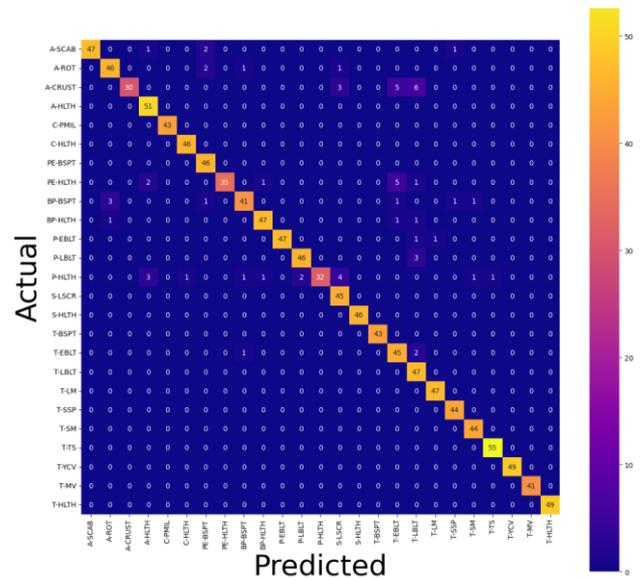
Dapat diamati bahwa sejumlah besar daun diprediksi dengan benar, yang mengindikasikan keefektifan model secara keseluruhan. Namun, ada beberapa prediksi yang salah juga. Khususnya, di daerah tengah *confusion matrix* tersebut terdapat kesalahan yang melibatkan daun kentang sehat yang salah diklasifikasikan sebagai memiliki penyakit daun kentang *late blight* dan daun stroberi *leaf scorch*, yang menghasilkan total 20 positif palsu. Lalu, pada gambar 9 di bawah, disajikan *confusion matrix* model CNN DFE untuk dianalisis mengenai kinerja kesulitan prediksi pada model.



Gambar 9. Confusion Matrix CNN DFE

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan di atas, model CNN DFE ini memiliki kesulitan dalam mendeteksi daun *Potato Healthy* dengan nilai *True Positive* hanya sebanyak 7. Ini menunjukkan bahwa model kurang mampu membedakan daun *potato healthy* dari yang terinfeksi, mengindikasikan perlunya penyesuaian model. Selanjutnya, analisis

*confusion matrix* model LCNN pada Gambar 10 menyajikan wawasan lebih lanjut mengenai kinerja dan area-area di mana model mengalami kesulitan.



Gambar 10. Confusion Matrix LCNN

Hasil dari ketiga model (*InceptionV3*, CNN DFE, dan LCNN) menunjukkan perbedaan kinerja yang signifikan. *InceptionV3* dan LCNN menunjukkan hasil yang sangat mirip dan cenderung lebih baik, dengan beberapa kesalahan spesifik seperti kesalahan klasifikasi *cedar apple rust* pada LCNN. Sementara itu, CNN DFE menunjukkan lebih banyak kesulitan, terutama dalam mendeteksi daun *potato healthy*. Untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kinerja ketiga model dalam mengklasifikasikan berbagai jenis penyakit tanaman, tingkat akurasi dan *F1-score* untuk masing-masing model dapat dilihat pada *classification report* yang disajikan dalam Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10 berikut ini.

Tabel 8. Nilai Data Test pada Model InceptionV3

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
A-SCAB	0.96	0.92	0.94	51
A-ROT	0.96	0.94	0.95	50
A-CRUST	1.00	0.66	0.79	44
A-HLTH	0.83	0.98	0.90	51
C-PMIL	1.00	1.00	1.00	43
C-HLTH	0.96	0.98	0.97	46
PE-BSPT	0.87	1.00	0.93	46
PE-HLTH	1.00	0.82	0.90	44
BP-BSPT	0.98	0.96	0.97	48
BP-HLTH	0.96	0.98	0.97	50
P-EBLT	0.98	1.00	0.99	49
P-LBLT	0.82	0.96	0.89	49
P-HLTH	1.00	0.43	0.61	46
S-LSCR	0.78	1.00	0.87	45
S-HLTH	1.00	0.96	0.98	46
T-BSPT	0.98	1.00	0.99	43
T-EBLT	1.00	0.62	0.77	48
T-LBLT	0.55	0.98	0.71	47
T-LM	0.94	1.00	0.97	47
T-SSP	1.00	0.89	0.94	44
T-SM	0.96	1.00	0.98	44
T-TS	0.96	0.96	0.96	55
T-YCV	1.00	1.00	1.00	49

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
T-MV	1.00	0.98	0.99	41
T-HLTH	0.98	0.92	0.95	49
<b>Accuracy</b>			<b>0.92</b>	<b>1175</b>
<b>Macro Avg</b>	0.94	0.92	0.92	1175
<b>Weighted Avg</b>	0.94	0.92	0.92	1175

Tabel 9. Nilai Data Test pada Model CNN DFE

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
A-SCAB	0.78	0.55	0.64	51
A-ROT	0.62	0.78	0.69	50
A-CRUST	1.00	0.57	0.72	44
A-HLTH	0.85	0.88	0.87	51
C-PMIL	0.93	1.00	0.97	43
C-HLTH	0.93	0.87	0.90	46
PE-BSPT	0.69	1.00	0.81	46
PE-HLTH	0.97	0.66	0.78	44
BP-BSPT	0.81	0.71	0.76	48
BP-HLTH	0.81	0.86	0.83	50
P-EBLT	0.76	0.98	0.86	49
P-LBLT	0.81	0.78	0.79	49
P-HLTH	1.00	0.15	0.26	46
S-LSCR	1.00	0.89	0.94	45
S-HLTH	0.89	0.74	0.81	46
T-BSPT	0.88	0.98	0.92	43
T-EBLT	0.76	0.67	0.71	48
T-LBLT	0.57	0.91	0.70	47
T-LM	0.94	0.96	0.95	47
T-SSP	0.60	0.86	0.71	44
T-SM	0.98	0.98	0.98	44
T-TS	0.90	0.96	0.93	55
T-YCV	0.88	1.00	0.93	49
T-MV	1.00	0.90	0.95	41
T-HLTH	0.98	0.98	0.98	49
<b>Accuracy</b>			<b>0.82</b>	<b>1175</b>
<b>Macro Avg</b>	0.85	0.82	0.82	1175
<b>Weighted Avg</b>	0.85	0.82	0.82	1175

Tabel 10. Nilai Data Test pada Model LCNN

Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
A-SCAB	1.00	0.92	0.96	51
A-ROT	0.92	0.92	0.92	50
A-CRUST	1.00	0.68	0.81	44
A-HLTH	0.89	1.00	0.94	51
C-PMIL	1.00	1.00	1.00	43
C-HLTH	0.98	1.00	0.99	46
PE-BSPT	0.90	1.00	0.95	46
PE-HLTH	1.00	0.80	0.89	44
BP-BSPT	0.93	0.85	0.89	48
BP-HLTH	0.96	0.94	0.95	50
P-EBLT	1.00	0.96	0.98	49
P-LBLT	0.96	0.94	0.95	49
P-HLTH	1.00	0.70	0.82	46
S-LSCR	0.85	1.00	0.92	45
S-HLTH	1.00	1.00	1.00	46
T-BSPT	1.00	1.00	1.00	43
T-EBLT	0.79	0.94	0.86	48
T-LBLT	0.77	1.00	0.87	47
T-LM	0.98	1.00	0.99	47
T-SSP	0.96	1.00	0.98	44
T-SM	0.96	1.00	0.98	44
T-TS	0.98	1.00	0.99	55
T-YCV	1.00	1.00	1.00	49
T-MV	1.00	1.00	1.00	41
T-HLTH	1.00	1.00	1.00	49
<b>Accuracy</b>			<b>0.95</b>	<b>1175</b>
<b>Macro Avg</b>	0.95	0.95	0.95	1175
<b>Weighted Avg</b>	0.95	0.95	0.95	1175

Berdasarkan hasil pengujian pada ketiga model, dapat dilihat bahwa kinerja mereka bervariasi. *InceptionV3* mencapai akurasi 92%, CNN DFE mencapai akurasi 82%, sedangkan LCNN menunjukkan kinerja terbaik dengan akurasi 95%.

Model LCNN menunjukkan performa yang paling unggul dengan nilai rata-rata *F1-score*, *precision*, dan *recall* yang tertinggi (0.95), diikuti oleh *InceptionV3* (0.92), dan CNN DFE (0.82). Ini menunjukkan bahwa LCNN memiliki kemampuan terbaik dalam mengklasifikasikan berbagai kondisi daun dengan tingkat keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall*, tetapi masih mengalami kesulitan pada kelas *Potato Healthy* (*recall* 0.70). *InceptionV3* juga menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan performa yang konsisten di berbagai kelas. Namun, model ini mengalami sedikit kesulitan dalam beberapa kelas seperti *Cedar apple rust* (*recall* 0.66) dan *Potato Healthy* (*recall* 0.43). CNN DFE, meskipun memiliki akurasi terendah di antara ketiga model, masih menunjukkan kinerja yang cukup baik untuk beberapa kelas. Namun, model ini mengalami kesulitan signifikan dalam mengklasifikasikan beberapa kelas, terutama *Potato Healthy* (*recall* hanya 0.15) dan *Apple Scab* (*recall* 0.55).

Secara keseluruhan, LCNN menunjukkan kinerja terbaik dalam tugas klasifikasi ini, diikuti oleh *InceptionV3*, sementara CNN DFE memerlukan perbaikan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasinya, terutama dalam kelas-kelas yang kinerjanya rendah.

### 3.3 Keterbatasan

Meskipun ketiga model menunjukkan kinerja yang menjanjikan dengan akurasi *InceptionV3* mencapai 0.92, LCNN 0.95, dan CNN DFE 0.82, analisis lebih lanjut mengungkapkan beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu keterbatasan utama adalah terjadinya hasil positif palsu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Keadaan ini menunjukkan bahwa model tersebut masih menghadapi tantangan dalam membedakan antara beberapa penyakit tanaman dan kondisi daun yang sehat dengan akurasi yang tinggi.



Gambar 11. Sampel Data False Positive

Citra 3, 4, dan 5 kemungkinan menghasilkan *false positive* karena kemiripan gejala antar penyakit yang diidentifikasi, serta kesamaan bentuk dan warna daun dari jenis-jenis tanaman tersebut. Sebagai contoh, pola kerusakan daun pada penyakit *apple cedar rust* yang memiliki presisi 1.00 tetapi *recall* hanya 0.66-0.68 pada model InceptionV3 dan LCNN, dan *tomato early blight* dengan presisi 1.00 tetapi *recall* 0.62-0.67 pada model InceptionV3 dan CNN DFE cenderung serupa, sehingga sulit dibedakan oleh model.

Sementara itu, penyebab kesalahan pada citra 1 dan 2, di mana daun kentang sehat teridentifikasi sebagai penyakit *potato early blight* (yang memiliki *recall* 0.98-1.00 dan presisi 0.87-0.90 pada ketiga model) atau *strawberry leaf scorch* (dengan *recall* 0.89-1.00 dan presisi 0.78-0.85 pada ketiga model), tampak kurang jelas. Data ini menunjukkan bahwa model cenderung *over-confident* dalam mengidentifikasi kedua penyakit tersebut (*recall* tinggi), yang bisa menjelaskan kenapa daun sehat bisa salah teridentifikasi sebagai penyakit ini.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi penyakit tanaman yang efektif dan adaptif untuk mengidentifikasi berbagai penyakit pada dua keluarga tanaman berbeda. Model CNN kustom (LCNN) yang dikembangkan menunjukkan kinerja unggul dengan tingkat akurasi pelatihan dan validasi sebesar 99%, serta pengujian sebesar 95%. Sementara itu, InceptionV3 mencapai akurasi pelatihan 96%, validasi 98%, dan pengujian 92%, sedangkan CNN DFE memiliki akurasi pelatihan 86%, validasi 94%, dan pengujian 82%. Temuan ini membuktikan bahwa arsitektur yang lebih sederhana namun dirancang spesifik dapat lebih efektif daripada model yang lebih kompleks untuk kasus deteksi penyakit tanaman.

Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa LCNN memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik dan efektivitas dalam menangani kasus-kasus sulit, seperti membedakan daun sehat dan yang terinfeksi. Keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall* di berbagai kelas penyakit juga menunjukkan konsistensi kinerja LCNN. Temuan ini menegaskan pentingnya merancang arsitektur model yang sesuai dengan karakteristik spesifik tugas. Meskipun demikian, beberapa keterbatasan teridentifikasi melalui *confusion matrix*, terutama dalam membedakan antara daun kentang yang sehat dengan yang terinfeksi *late blight*, serta kesalahan dalam mengidentifikasi *cedar apple rust* pada daun apel. Keterbatasan ini terlihat pada ketiga model yang diuji, menunjukkan adanya tantangan intrinsik dalam klasifikasi penyakit tanaman tertentu.

Untuk pengembangan ke depan, model ini direncanakan akan diimplementasikan ke dalam aplikasi *mobile* dengan arsitektur *client-server*. Salah satu pengembangan yang dapat dipertimbangkan adalah memperluas cakupan *dataset* dengan menambahkan lebih banyak jenis tanaman.

Pengujian lapangan yang lebih ekstensif dan pengembangan sistem peringatan dini yang terintegrasi dengan rekomendasi penanganan seperti penggunaan *IoT* juga disarankan untuk meningkatkan nilai praktis dari sistem ini. Langkah-langkah ini diharapkan dapat memperluas aplikasi sistem deteksi penyakit tanaman dan meningkatkan efektivitasnya dalam kondisi nyata di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Dias Rizkia Artha Putri, L. Sukma Winata, A. Tanggono, and F. Disa Durry, "Mitigasi Krisis Pangan Global Warming: SDGs Pencegahan Malnutrisi (Literature Review)," *Prosiding Seminar Nasional Kusuma*, vol. 2, pp. 179–187, Oct. 2024.
- [2] D. Sofia Laeliah, N. Noreen Noor, A. Sabillah, U. Kamal, and M. Adymas Hikal Fikri, "Kebijakan Hukum Pengelolaan Food Loss And Waste Melalui USDA (United States Departement Of Agriculture And Public Domain Policy)," *Kultura: Jurnal Ilmu Hukum, Sosial, Dan Humaniora*, vol. 2, no. 6, pp. 25–41, May 2024.
- [3] A. H. Afzal *et al.*, "Mechanisms of Disease Resistance in Plants For Sustainable Agriculture," *Current Research in Agriculture and Farming*, vol. 4, pp. 1–13, Oct. 2023, doi: 10.18782/2582-7146.207.
- [4] M. Junaid and A. Gokce, "Global Agricultural Losses And Their Causes," *Bulletin of Biological and Allied Sciences Research*, vol. 2024, no. 1, p. 66, Feb. 2024, doi: 10.54112/bbasr.v2024i1.66.
- [5] M. Türkoğlu and D. Hanbay, "Plant disease and pest detection using deep learning-based features," *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol. 27, no. 3, pp. 1636–1651, May 2019, doi: 10.3906/elk-1809-181.
- [6] S. P. Mohanty, D. P. Hughes, and M. Salathé, "Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection," *Front Plant Sci*, vol. 7, p. 1419, Sep. 2016, doi: 10.3389/fpls.2016.01419.
- [7] I. Rizki Ramadhani, A. Nilogiri, and A. Qurrota, "Klasifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *Jurnal Smart Teknologi*, vol. 3, no. 3, pp. 249–260, Mar. 2022.
- [8] G. Henry, A. Panjaitan, and F. Simatupang, "Pemodelan Klasifikasi Penyakit Daun Tanaman Tomat dengan Convolutional Neural Network Algorithm," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 5, Apr. 2024, doi: 10.30865/klik.v4i5.1646.
- [9] J. Vicky, F. Ayu, and B. Julianto, "Implementasi Pendeteksi Penyakit pada Daun Alpukat

- Menggunakan Metode CNN,” *Seminar Nasional Teknologi & Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 155–162, 2023.
- [10] F. Sulistiyana and S. Anardani, “Aplikasi Deteksi Penyakit Tanaman Jagung Dengan Convolutional Neural Network dan Support Vector Machine,” *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 6, no. 1, pp. 423–432, 2023.
- [11] D. Setiawan, T. Wira, and E. Suryawijaya, “Algoritma RESNET152V2 Dalam Melakukan Klasifikasi Penyakit Pada Daun Tanaman Tomat,” *Journal of Computer Science and Technology (JCS-TECH)*, vol. 3, no. 2, pp. 37–42, Nov. 2023.
- [12] M. D. Pratama, R. Gustriansyah, and E. Purnamasari, “Klasifikasi Penyakit Daun Pisang menggunakan Convolutional Neural Network (CNN),” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 1–6, Jul. 2024, doi: 10.54914/jtt.v10i1.1167.
- [13] M. Rijal, A. M. Yani, and A. Rahman, “Deteksi Citra Daun untuk Klasifikasi Penyakit Padi menggunakan Pendekatan Deep Learning dengan Model CNN,” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 56–62, Jul. 2024, doi: 10.54914/jtt.v10i1.1224.
- [14] A. Hosna, E. Merry, J. Gyalmo, Z. Alom, Z. Aung, and M. A. Azim, “Transfer learning: a friendly introduction,” *J Big Data*, vol. 9, no. 1, p. 102, Oct. 2022, doi: 10.1186/s40537-022-00652-w.
- [15] Xiaoling Xia, Cui Xu, and Bing Nan, “Inception-v3 for flower classification,” in *2017 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)*, IEEE, Jun. 2017, pp. 783–787. doi: 10.1109/ICIVC.2017.7984661.
- [16] K. Zairan Maulana and A. Susanto, “Implementasi Arsitektur CNN Inception V3 untuk Identifikasi Spesies Burung Endemik di Indonesia,” *Jurnal Pustaka Robot Sister (Jurnal Pusat Akses Kajian Robotika, Sistem Tertanam, dan Sistem Terdistribusi)*, vol. 2, no. 1, pp. 22–27, Jan. 2024, doi: 10.55382/jurnalpustakarobotsister.v2i1.775.
- [17] S. Kornblith, J. Shlens, and Q. V. Le, “Do Better ImageNet Models Transfer Better?,” in *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, IEEE, Jun. 2019, pp. 2656–2666. doi: 10.1109/CVPR.2019.00277.
- [18] M. M. Taye, “Theoretical Understanding of Convolutional Neural Network: Concepts, Architectures, Applications, Future Directions,” *Computation*, vol. 11, no. 3, p. 52, Mar. 2023, doi: 10.3390/computation11030052.
- [19] M. Mujahid, F. Rustam, R. Álvarez, J. Luis Vidal Mazón, I. de la T. Díez, and I. Ashraf, “Pneumonia Classification from X-ray Images with Inception-V3 and Convolutional Neural Network,” *Diagnostics*, vol. 12, no. 5, p. 1280, May 2022, doi: 10.3390/diagnostics12051280.
- [20] K. R. Prilianti, T. H. P. Brotosudarmo, S. Anam, and A. Suryanto, “Performance comparison of the convolutional neural network optimizer for photosynthetic pigments prediction on plant digital image,” in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Mar. 2019, p. 020020. doi: 10.1063/1.5094284.
- [21] I. O. Muraina, “Ideal Dataset Splitting Ratios In Machine Learning Algorithms: General Concerns For Data Scientists And Data Analysts,” in *7th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference*, Mardin: Mardin Artuklu Kongresi, Feb. 2022, pp. 496–504.
- [22] S. Ramaneswaran, K. Srinivasan, P. M. D. R. Vincent, and C.-Y. Chang, “Hybrid Inception v3 XGBoost Model for Acute Lymphoblastic Leukemia Classification,” *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 2021, pp. 1–10, Jul. 2021, doi: 10.1155/2021/2577375.
- [23] M. L. Richter, W. Byttner, U. Krumnack, A. Wiedenroth, L. Schallner, and J. Shenk, “(Input) Size Matters for CNN Classifiers,” 2021, pp. 133–144. doi: 10.1007/978-3-030-86340-1\_11.



## ANALISIS FAKTOR KESUKSESAN *E-LEARNING* DALAM MENINGKATKAN KUALITAS BELAJAR MENGAJAR DI KOTA BATAM

Muhamad Dody Firmansyah<sup>1</sup>, Dini Sari Melati<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Sistem Informasi, Universitas Internasional Batam  
Batam, Kepulauan Riau, Indonesia 29426  
dody.firmansyah@uib.ac.id, 2131061.dini@uib.edu

### Abstract

*Technology has had a significant impact on various aspects of human life, one of which is education through the implementation of e-learning as a modern learning solution. Technology makes the teaching and learning process easier thereby improving the quality of teaching and learning. The presence of the COVID-19 pandemic has also accelerated the transition of education to e-learning, although not all countries are fully prepared to implement it. This is also the case in Batam City, which has implemented e-learning in a number of schools and universities with support from academics and the local Education Office. The presence of e-learning offers learning flexibility but also presents challenges, such as learner dissatisfaction that affects low learning motivation. Therefore, this study aims to analyze the factors affecting e-learning user satisfaction among students with the research target of students in Batam City. The research was conducted using quantitative method and processed using SPSS. The results stated that e-learning satisfaction is influenced by system quality, internet quality, information quality and service quality. Therefore, to optimize the satisfaction of e-learning users must pay attention to these four factors.*

**Keywords:** Batam City, E-learning Quality, Quality of Learning, Quality of Teaching, User Satisfaction

### Abstrak

Teknologi telah membawa dampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan manusia, salah satunya adalah pendidikan dengan melalui penerapan *e-learning* sebagai solusi pembelajaran modern. Teknologi mempermudah proses belajar mengajar sehingga meningkatkan kualitas belajar mengajar. Kehadiran pandemi COVID-19 juga mempercepat transisi pendidikan ke *e-learning*, meskipun tidak semua negara siap sepenuhnya dalam mengimplementasikannya. Hal ini juga pada Kota Batam yang telah menerapkan *e-learning* di sejumlah sekolah dan perguruan tinggi dengan dukungan dari akademisi dan Dinas Pendidikan setempat. Hadirnya *e-learning* menawarkan fleksibilitas belajar namun juga menghadirkan tantangan, seperti ketidakpuasan pelajar sehingga mempengaruhi rendahnya motivasi belajar. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor yang mempengaruhi kepuasan pengguna *e-learning* di kalangan pelajar dengan target penelitian pelajar di Kota Batam. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif dan diolah dengan menggunakan SPSS. Hasil penelitian menyatakan bahwa kepuasan *e-learning* dipengaruhi oleh kualitas sistem, kualitas internet, kualitas informasi dan kualitas pelayanan. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan kepuasan pengguna *e-learning* harus memperhatikan keempat faktor tersebut.

**Kata kunci:** Kepuasan Pengguna, Kota Batam, Kualitas Belajar, Kualitas *E-learning*, Kualitas Mengajar

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi telah menjadi kekuatan dominan yang mempengaruhi segala aspek kehidupan manusia[1]. Kemajuan pesat di bidang teknologi telah membawa dampak besar pada berbagai aspek sosial, ekonomi, dan budaya di tingkat global. Teknologi telah mengubah cara berkomunikasi[2], belajar, bekerja, berbisnis[3] dan lainnya. Sektor industri juga mengalami transformasi besar, dengan teknologi yang mempercepat produksi,

meningkatkan efisiensi, dan mendorong inovasi revolusioner. Meskipun memberikan kemudahan, teknologi juga membawa dampak negatif seperti menimbulkan ketergantungan[4], isu privasi, keamanan *cyber*, kesenjangan sosial dan lainnya.

Pendidikan merupakan salah satu aspek kehidupan yang mengalami perkembangan pesat berkat kemajuan teknologi[5]. Teknologi membantu siswa dalam

meningkatkan ketertarikan dan dorongan belajar secara akademis[6]. Teknologi mempermudah proses belajar yang dilakukan pelajar dan proses mengajar oleh pengajar sehingga teknologi meningkatkan kualitas belajar mengajar dan menjadi lebih efektif. Salah satu teknologi yang mendukung proses belajar mengajar adalah *e-learning*, sebuah sistem yang mengintegrasikan pembelajaran dengan teknologi[7]. Program *e-learning* pertama kali dikenalkan oleh Universitas Illinois melalui sistem PLATO dan menjadi lebih interaktif pada era 1970-an[8], dan sejak pandemi COVID-19, adopsi *e-learning* mengalami lonjakan signifikan di berbagai belahan dunia.

Pembatasan tatap muka selama pandemi COVID-19 memaksa universitas di seluruh dunia beralih ke *e-learning*[9]. Meskipun *e-learning* dapat meningkatkan sistem pendidikan, akan tetapi tidak semua negara siap dalam menerapkannya[10], [11], [12]. Ketidaksiapan lembaga pendidikan dalam transisi ini menyebabkan penutupan banyak lembaga pendidikan, yang berdampak pada para pelajar[13].

Masuknya *e-learning* menawarkan banyak keuntungan, salah satunya adalah memungkinkan siswa untuk belajar dari berbagai tempat dan waktu tanpa perlu hadir secara fisik di ruang kelas[14]. Namun, *e-learning* juga menghadirkan tantangan dan hambatan dalam dunia pendidikan. Banyak pelajar mengalami kesulitan beradaptasi dengan *e-learning* karena berbagai alasan[15]. Salah satu hambatan utama adalah kurangnya motivasi siswa serta ketidakefektifan pembelajaran[16]. Motivasi yang rendah ini sering kali disebabkan oleh ketidakpuasan siswa terhadap pembelajaran *online*[17]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kepuasan terhadap sistem *e-learning* berpengaruh signifikan terhadap motivasi belajar dan pencapaian akademik yang lebih baik[18].

Kualitas sistem, kualitas informasi, kualitas layanan, dan kualitas jaringan adalah faktor utama yang menentukan efektivitas *e-learning*. Kualitas sistem yang baik memastikan kelancaran proses pembelajaran, sementara kualitas informasi dan layanan yang tepat mendukung pembelajaran yang lebih efektif dan memotivasi siswa. Kualitas jaringan juga menjadi faktor kritis, karena tanpa koneksi yang stabil, pengalaman pembelajaran daring menjadi terhambat. Faktor-faktor ini berkontribusi pada tingkat kepuasan pengguna, yang pada gilirannya mempengaruhi motivasi belajar dan hasil akademik siswa. Oleh karena itu, dalam pengembangan *e-learning* harus memperhatikan faktor-faktor tersebut. Hal ini juga menjadi evaluasi bagi Indonesia dalam mengembangkan *e-learning*.

Salah satu daerah di Indonesia yang telah mengimplementasikan *e-learning* adalah Kota Batam. Kota Batam merupakan salah satu kota di Provinsi Kepulauan Riau yang berbatasan langsung dengan Singapura. Kota Batam memiliki keunggulan geografis sebagai kota yang dekat dengan negara maju dalam bidang

teknologi, namun masih menghadapi tantangan dalam penerapan *e-learning* yang maksimal. Meskipun *e-learning* sudah diterapkan di berbagai universitas dan sekolah di Batam, pengoptimalannya masih terbatas oleh beberapa faktor, seperti kualitas jaringan yang tidak merata dan ketidaksiapan sebagian tenaga pengajar untuk menggunakan teknologi secara optimal.

Sebagai kota yang berbatasan langsung dengan Singapura, yang merupakan negara maju dalam teknologi, Kota Batam memiliki potensi untuk menjadi pusat pendidikan berbasis *e-learning* di Indonesia. Namun, dalam pengamatan awal, meskipun *e-learning* telah diterapkan di berbagai lembaga pendidikan di Kota Batam, tidak ada data yang secara langsung mengukur tingkat kepuasan pengguna *e-learning* maupun faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas penggunaan *e-learning* di kota ini.

Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap tingkat kepuasan pengguna *e-learning* di Kota Batam. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berguna bagi pihak-pihak terkait, seperti pemerintah daerah, institusi pendidikan, dan pengelola *e-learning*, untuk mengoptimalkan implementasi *e-learning* dan meningkatkan kualitas pendidikan di Batam. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam upaya pengembangan pendidikan berbasis teknologi yang lebih efektif dan efisien.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk melihat dampak penerapan teknologi *e-learning* terhadap kepuasan pengguna di kalangan pelajar di Kota Batam. Penelitian dilaksanakan selama empat bulan dengan lokasi penelitian di beberapa sekolah dan perguruan tinggi di Kota Batam.

Populasi penelitian terdiri dari pelajar SMA/SMK dan mahasiswa di Kota Batam yang pernah menggunakan *e-learning*. Adapun *e-learning* yang dimaksud dapat berupa *e-learning* sekolah atau kampus dan dapat berupa media pembelajaran *online* lainnya seperti Ruangguru, Zenius dan lain-lain. Berdasarkan data dari Dinas Pendidikan Kota Batam, jumlah pelajar SMA/SMK mencapai 56.679 jiwa[19] dan mahasiswa berjumlah 35.091 jiwa[20]. Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini dihitung dengan menggunakan rumus Slovin, dengan tingkat margin *error* 10% dan tingkat pengembalian kuesioner yang diharapkan sebesar 100%. Perhitungan jumlah sampel dilakukan sebagai berikut:

$$n = N / ((N \times d^2) + 1)$$

Diketahui dimana  $n$  adalah jumlah sampel,  $N$  adalah jumlah populasi, dan  $d$  adalah margin *error*. Berdasarkan perhitungan, diperoleh jumlah sampel minimal sebagai berikut:

$n = 56.679 / ((56.679 \times 10\%^2) + 1) = 97,3 \approx 100$  pelajar SMA/SMK

$n = 35.091 / ((35.091 \times 10\%^2) + 1) = 97,2 \approx 100$  mahasiswa

Dengan demikian, jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah minimal 100 pelajar SMA/SMK dan 100 mahasiswa yang telah menggunakan *e-learning*.

### 2.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode *convenience sampling*, dimana sampel terdiri dari mahasiswa dan siswa yang pernah menggunakan *e-learning* baik dari institusinya variabel ataupun mandiri. Data yang digunakan adalah data primer yang dikumpulkan melalui kuesioner elektronik (e-kuesioner), yang disebarakan langsung kepada responden. Kuesioner menggunakan skala Likert 1 hingga 5, dengan 1 berarti sangat tidak setuju dan 5 sangat setuju.

### 2.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, independen adalah kualitas Jaringan (X1), kualitas sistem (X2), kualitas pelayanan (X3), dan kualitas informasi (X4). Adapun yang menjadi variabel dependen adalah kepuasan pengguna (Y). Variabel indikator operasional yang digunakan dalam penelitian ini dijabarkan pada Tabel 1.

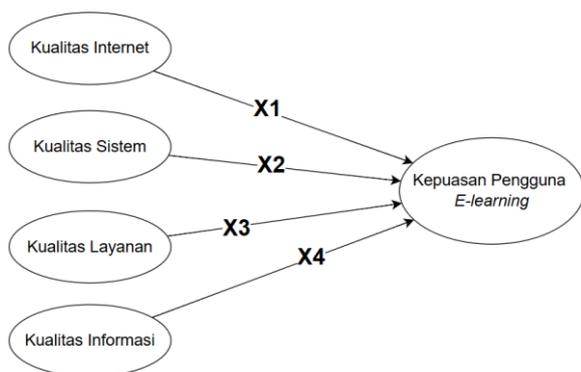
**Tabel 1.** Variabel dan Indikator Operasional

Variabel	Indikator	Sumber
Kualitas internet	Saya merasa koneksi internet menjadi tantangan yang besar dalam pendidikan berbasis web ( <i>e-learning</i> )	[21]
	Koneksi internet di wilayah saya baik untuk melakukan pembelajaran <i>online</i>	
	Perubahan cuaca akan mempengaruhi kestabilan koneksi internet saya ketika mengikuti kelas <i>online</i>	
	Saya merasa mengalami kesulitan dalam mengumpulkan tugas saya ketika koneksi internet saya buruk	[22]
	Saya merasa puas dengan kecepatan internet saya	
	Saya merasa biaya untuk terhubung ke internet cukup mahal	
Kualitas sistem	Saya merasa sistem pembelajaran <i>online</i> yang saya gunakan <i>user-friendly</i>	[23]
	Sistem mudah dipelajari oleh pengguna baru	[23]
	Saya tidak mengalami kesulitan dalam menggunakan sistem pembelajaran <i>online</i>	
	Saya merasa tidak frustrasi ketika menggunakan sistem pembelajaran <i>online</i>	
	Saya merasa tidak memerlukan <i>effort</i> yang besar ketika menggunakan sistem pembelajaran <i>online</i>	
	Sistem pembelajaran <i>online</i> memiliki fitur-fitur yang menarik bagi pengguna	[23]
	Saya merasakan kemudahan untuk mendapatkan apa yang saya inginkan dari sistem pembelajaran <i>online</i>	
Saya merasa bahwa pembelajaran <i>online</i> fleksibel untuk melakukan interaksi		

Variabel	Indikator	Sumber	
Kualitas layanan	Interaksi saya dengan pembelajaran <i>online</i> jelas dan dapat dimengerti	[18]	
	Saya bisa menggunakan sistem pembelajaran <i>online</i> dimana pun dan kapan pun saya mau		
	Saya merasa terbantu oleh sistem pembelajaran <i>online</i> yang menawarkan multimedia (audio, video dan konten teks)		
	Pembelajaran <i>online</i> memungkinkan komunikasi yang interaktif (komunikasi dua arah) melalui forum diskusi, sesi tanya jawab langsung		
	Saya mendapatkan kemudahan saat melakukan pendaftaran sistem dan terdapat <i>call center</i> pada sistem		
	Saya merasa layanan pembelajaran <i>online</i> dapat diandalkan ketika saya mempunyai masalah		[24]
Kualitas informasi	Pembelajaran <i>online</i> memberikan pengetahuan yang komprehensif	[24]	
	Sistem pembelajaran <i>online</i> menyediakan informasi yang terkini		
	Pembelajaran <i>online</i> memberikan pengetahuan yang terorganisir		
	Informasi yang tersedia di pembelajaran <i>online</i> jelas bagi saya		[25]
	Informasi yang tersedia di pembelajaran <i>online</i> mudah dimengerti		
	Pembelajaran <i>online</i> menyediakan informasi yang memadai		[24]
Pembelajaran <i>online</i> menyediakan informasi yang tepat sesuai dengan yang saya perlukan			
Pembelajaran <i>online</i> memberikan informasi yang akurat ketika saya bersiap untuk menggunakannya	[26]		
Kepuasan pengguna	Pembelajaran <i>online</i> memberikan pengetahuan yang relevan	[27]	
	Sistem menyediakan informasi yang cukup	[28]	
	Saya puas dengan fitur sistem <i>e-learning</i> ini secara keseluruhan		
	Sistem <i>e-learning</i> ini memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan pengetahuan dan keterampilan saya		
	Sistem <i>e-learning</i> ini memberikan kesempatan untuk belajar lebih interaktif		
	Saya merasa puas terhadap prestasi akademik saya setelah menggunakan sistem ini		

### 2.4 Model Penelitian

Penelitian ini menerapkan model yang menggabungkan empat variabel, yakni kualitas internet (X1), kualitas sistem (X2), kualitas layanan (X3), serta kualitas informasi (X4), untuk menganalisis kepuasan pengguna *e-learning* (Y). Adapun model digambarkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Model Konseptual Pengaruh Kualitas terhadap Kepuasan Pengguna *E-learning*

## 2.5 Pengembangan Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut.

H1: kualitas internet memiliki pengaruh *positive* terhadap kepuasan pengguna *e-learning*

H2: kualitas sistem memiliki pengaruh *positive* terhadap kepuasan pengguna *e-learning*

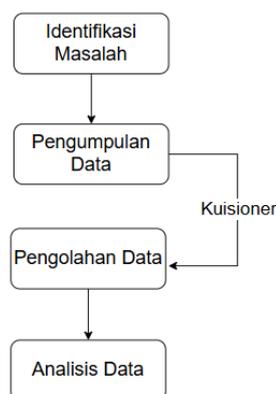
H3: kualitas layanan memiliki pengaruh *positive* terhadap kepuasan pengguna *e-learning*

H4: kualitas informasi memiliki pengaruh *positive* terhadap kepuasan pengguna *e-learning*.

H5: kualitas internet, kualitas sistem, kualitas layanan, kualitas informasi memiliki pengaruh *positive* terhadap kepuasan pengguna *e-learning*.

## 2.6 Alur Metode Penelitian

Pada tahap awal, dilakukan identifikasi masalah terkait penggunaan *e-learning* di Kota Batam. Selanjutnya melakukan pengumpulan data dengan menyebarkan kuesioner kepada target penelitian. Data yang terkumpul diolah menggunakan aplikasi SPSS. Hasil pengolahan data akan dianalisis untuk memperoleh jawaban terkait faktor yang mempengaruhi kepuasan pengguna *e-learning*. Alur metode penelitian yang menggambarkan tahapan-tahapan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Alur Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Validitas dan Reabilitas

Hasil uji validitas dan reliabilitas menunjukkan bahwa seluruh instrumen penelitian dapat diandalkan untuk mengukur variabel yang dimaksudkan. Uji validitas dengan menggunakan korelasi Pearson menunjukkan nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05 untuk semua item, yang berarti seluruh variabel yang diuji memiliki korelasi yang signifikan. Nilai *Cronbach Alpha* untuk semua variabel juga lebih besar dari 0,6, yang menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari responden konsisten dan reliabel.

Validitas dan reliabilitas yang tinggi pada instrumen penelitian ini sangat penting untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam analisis adalah akurat dan dapat dipercaya. Hal ini memungkinkan penarikan kesimpulan yang lebih tepat mengenai pengaruh kualitas sistem, kualitas internet, kualitas layanan, dan kualitas informasi terhadap kepuasan pengguna *e-learning* di Kota Batam.

### 3.2 Hasil Pengujian F

Uji F menunjukkan nilai signifikansi 0.000 dan nilai Fhitung sebesar 349.961. Nilai Fhitung yang lebih besar dari Ftabel (3.09) dan nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05 mengindikasikan bahwa seluruh variabel independen, kualitas internet, kualitas sistem, kualitas layanan, dan kualitas informasi, memiliki pengaruh signifikan terhadap kepuasan pengguna *e-learning*.

Hasil uji F yang signifikan menunjukkan bahwa kombinasi dari keempat variabel yang diuji berkontribusi secara signifikan terhadap kepuasan pengguna *e-learning*. Ini menandakan bahwa perbaikan dalam aspek kualitas sistem, internet, layanan, dan informasi dapat meningkatkan tingkat kepuasan pengguna *e-learning*.

### 3.3 Hasil Pengujian T

Uji hipotesis T menunjukkan bahwa setiap variabel independen berpengaruh positif dan signifikan terhadap kepuasan pengguna *e-learning*, seperti yang terlihat pada Tabel 2, dengan nilai thitung > ttabel (1.661). Dengan demikian, H1, H2, H3, dan H4 diterima, yang berarti kualitas internet, sistem, layanan, dan informasi memiliki pengaruh positif terhadap kepuasan pengguna.

**Tabel 2.** Hasil Uji Hipotesis

Variabel Independent	t <sub>hitung</sub>	Sig.	Hipotesis
Kualitas internet	16.017	0	H1 diterima
Kualitas sistem	22.198	0	H2 diterima
Kualitas layanan	17.029	0	H3 diterima
Kualitas informasi	25.620	0	H4 diterima

Berdasarkan hasil uji T, semua faktor yang diuji memberikan pengaruh positif terhadap kepuasan pengguna *e-learning*. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas *e-learning* yang baik terutama dari segi internet, sistem,

layanan, dan informasi dapat meningkatkan kepuasan pengguna. Hasil ini juga menegaskan pentingnya perbaikan dalam semua aspek tersebut agar pengalaman belajar *online* semakin efektif dan memuaskan bagi pengguna di Kota Batam.

### 3.4 Hasil Pengujian Analisis Linear Berganda

Dalam perhitungan analisis linear berganda menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Y = a + b1.X1 + b2.X2 + b3.X3 + b4.X4$$

$$Y = 1.997 + 0.105 + 0.140 + 0.126 + 0.117$$

Hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas layanan (X3) memiliki pengaruh terbesar terhadap kepuasan pengguna dengan koefisien 0.126, diikuti oleh kualitas sistem (X2) dengan koefisien 0.140. Kualitas informasi (X4) dan kualitas internet (X1) juga memiliki pengaruh positif, masing-masing dengan koefisien 0.117 dan 0.105.

Hasil regresi ini memberikan gambaran tentang kontribusi masing-masing variabel terhadap kepuasan pengguna *e-learning*. Kualitas layanan yang memiliki pengaruh terbesar mungkin disebabkan oleh peran layanan dukungan teknis dan *customer service* yang sangat penting dalam pengalaman pengguna *e-learning*. Kualitas sistem yang baik juga berkontribusi signifikan terhadap kepuasan, karena sistem yang mudah digunakan dan efisien meningkatkan kenyamanan pengguna. Kualitas internet dan informasi meskipun berpengaruh positif, memiliki kontribusi yang lebih kecil dibandingkan dengan dua variabel lainnya, mungkin karena faktor-faktor teknis seperti stabilitas jaringan dan kemudahan mengakses informasi sudah cukup memadai di Kota Batam.

### 3.5 Hasil Pengujian Uji Koefisien Determinasi

Uji koefisien determinasi menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,878, yang menunjukkan bahwa 87% variabilitas dalam kepuasan pengguna dapat dijelaskan oleh variabel kualitas internet, sistem, layanan, dan informasi.

Nilai  $R^2$  yang tinggi ini menunjukkan bahwa model regresi yang dibangun mampu menjelaskan sebagian besar variasi dalam kepuasan pengguna *e-learning*. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas layanan dan sistem, serta kualitas internet dan informasi, memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan kepuasan pengguna *e-learning* di Kota Batam. Dengan demikian, perbaikan dalam keempat aspek ini akan sangat efektif untuk meningkatkan pengalaman pengguna *e-learning* di wilayah ini.

### 3.6 Hasil Uji Asumsi Klasik

#### 3.6.1 Uji Normalitas

Berdasarkan uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0.082, yang lebih besar dari 0.05. Hal ini menunjukkan

bahwa data dalam penelitian ini terdistribusi normal yang dapat dilihat pada Gambar 3.

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		VAR00040
N		200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	128.6550
	Std. Deviation	23.30713
Most Extreme Differences	Absolute	.059
	Positive	.059
	Negative	-.056
Test Statistic		.059
Asymp. Sig. (2-tailed)		.082 <sup>c</sup>

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Gambar 3. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam model regresi mengikuti distribusi normal. Hasil yang menunjukkan data terdistribusi normal ini mengindikasikan bahwa model regresi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dipercaya untuk memberikan hasil yang valid, karena normalitas adalah asumsi penting dalam analisis regresi. Dengan demikian, tidak ada masalah dengan distribusi data yang dapat mengganggu validitas hasil analisis.

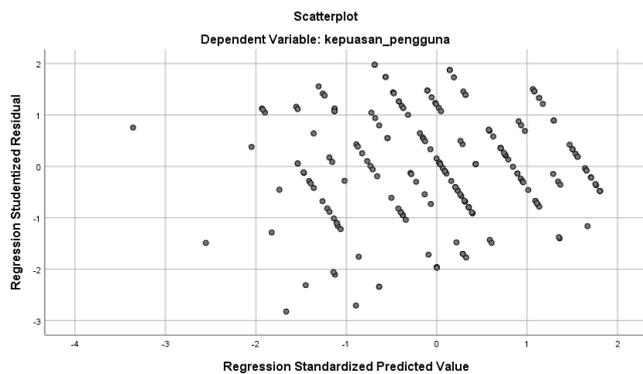
#### 3.6.2 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk mendeteksi adanya hubungan linear yang kuat antar variabel independen. Berdasarkan hasil yang diperoleh, seluruh variabel independen menunjukkan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) kurang dari 10 dan nilai toleransi lebih besar dari 0,01. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat indikasi multikolinearitas dalam model regresi.

Multikolinearitas terjadi ketika terdapat korelasi yang tinggi antara dua atau lebih variabel independen, yang dapat menyebabkan masalah dalam estimasi koefisien regresi. Hasil uji ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas dalam model regresi yang digunakan. Hal ini penting, karena multikolinearitas dapat menyebabkan bias dalam estimasi parameter dan mengurangi keakuratan model.

#### 3.6.3 Uji Heteroskedastisitas

Hasil uji heteroskedastisitas dapat dilihat melalui grafik *scatterplot* pada Gambar 4, yang menunjukkan bahwa data tersebar secara acak tanpa pola tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa model regresi tidak mengalami heteroskedastisitas.



Gambar 4. Scatterplot of Residuals

Heteroskedastisitas mengacu pada kondisi di mana varians dari residual (kesalahan prediksi) tidak konstan di seluruh rentang nilai variabel independen. Tidak adanya heteroskedastisitas menunjukkan bahwa varians kesalahan tetap sama sepanjang rentang prediksi, yang membuat model regresi lebih *robust* dan menghasilkan estimasi yang lebih akurat. Dengan demikian, model regresi dalam penelitian ini memenuhi asumsi homoskedastisitas, yang memperkuat validitas hasil analisis.

#### 3.6.4 Uji Autokorelasi

Berdasarkan hasil uji autokorelasi, nilai Durbin-Watson (DW) yang diperoleh adalah 2.011. Dengan batas bawah DL sebesar 1.6339 dan batas atas DU sebesar 1.7715, nilai DW berada di antara rentang yang diterima ( $DU < DW < 4 - DU$ ), yang menunjukkan bahwa model regresi ini bebas dari autokorelasi.

Autokorelasi mengacu pada korelasi antara kesalahan residual pada observasi yang berurutan. Uji Durbin-Watson digunakan untuk mendeteksi adanya autokorelasi dalam model. Nilai Durbin-Watson yang berada dalam rentang yang diterima ini menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi yang signifikan dalam model, yang berarti bahwa residual antara observasi tidak saling memengaruhi. Dengan demikian, asumsi tentang independensi residual dipenuhi, yang meningkatkan keakuratan dan reliabilitas model regresi yang digunakan dalam penelitian ini.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas internet, sistem, layanan, dan informasi terhadap kepuasan pengguna *e-learning* di Batam, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan infrastruktur dan sistem *e-learning* yang lebih efektif. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

### 1. Kualitas Internet

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas internet berperan signifikan dalam memengaruhi kepuasan pengguna *e-learning*, terutama yang berkaitan dengan stabilitas koneksi dan kecepatan akses. Pengguna cenderung merasa puas ketika koneksi internet stabil dan cepat, yang mempengaruhi kenyamanan dalam mengikuti proses pembelajaran secara daring.

### 2. Kualitas Sistem

Kualitas sistem memberikan dampak yang signifikan terhadap kepuasan pengguna, karena kemudahan akses, keandalan, dan performa sistem sangat memengaruhi pengalaman pengguna. Sistem yang mudah digunakan dan memiliki performa yang baik, seperti cepat dalam memuat halaman dan responsif, meningkatkan kenyamanan dan efektivitas proses *e-learning*.

### 3. Kualitas Layanan

Kualitas layanan memiliki pengaruh terbesar terhadap kepuasan pengguna *e-learning*. Aspek pelayanan yang baik, termasuk dukungan teknis, responsivitas terhadap masalah pengguna, dan layanan pelanggan, memiliki peran utama dalam memenuhi harapan pengguna, yang membuat mereka merasa lebih puas dan termotivasi untuk terus menggunakan *e-learning*.

### 4. Kualitas Informasi

Kualitas informasi yang disediakan dalam *e-learning* juga berkontribusi positif terhadap kepuasan pengguna. Pengguna lebih puas ketika informasi yang diberikan dalam bentuk materi pembelajaran relevan, konsisten, dan tepat waktu. Hal ini mendukung keberhasilan proses pembelajaran *online* dan meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap platform *e-learning*.

### 5. Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar institusi pendidikan di Batam memperkuat kualitas infrastruktur dan sistem *e-learning*. Perbaikan dalam kualitas internet, sistem, layanan, dan informasi akan meningkatkan kepuasan pengguna, memotivasi peserta didik, dan memastikan bahwa *e-learning* dapat memberikan manfaat maksimal dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Institusi juga perlu memastikan bahwa dukungan layanan teknis dan informasi tetap memadai, mengingat pengaruh besar kualitas layanan terhadap kepuasan pengguna.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan *e-learning* di Batam, dengan memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai faktor-faktor yang perlu diperbaiki agar pengalaman belajar daring lebih optimal dan bermanfaat bagi semua pengguna.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Lubis and M. I. P. Nasution, "Perkembangan Teknologi Informasi dan Dampaknya pada Masyarakat," *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, vol. 1, no. 12, pp. 21–30, 2023.
- [2] N. S. Pasaribu, S. H. Harahap, and N. Annisa, "Pengaruh Teknologi Terhadap Gaya Menulis dan Komunikasi," *IJEDR Indonesian Journal of Education and Development Research*, vol. 2, Jan. 2024.
- [3] R. T. Rust and F. Espinoza, "How technology advances influence business research and marketing strategy," *J Bus Res*, vol. 59, no. 10–11,

- pp. 1072–1078, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.jbusres.2006.08.002.
- [4] F. Nurfadilah, B. Zaman, and N. F. Romadona, “Upaya Orang Tua untuk Mencegah Ketergantungan Anak Terhadap Penggunaan Gadget,” *Edukid*, vol. 16, no. 2, pp. 90–98, Jan. 2020, doi: 10.17509/edukid.v16i2.21532.
- [5] C. A. Cholik, “Perkembangan Teknologi Informasi Komunikasi / ICT dalam Berbagai Bidang,” *Jurnal Fakultas Teknik UNISA Kuningan*, vol. 2, May 2021.
- [6] M. Tenorio-Rodríguez, T. Padilla-Carmona, and J. González-Monteaudo, “Between adaptation and equity. Access to the labour market for non-traditional students and graduates,” *Revista de Investigacion Educativa*, vol. 40, no. 2, pp. 549–563, Jul. 2022, doi: 10.6018/RIE.473771.
- [7] W. A. Nisa, D. Damayanti, and A. Sulistyawati, “Pengembangan Sistem Pembelajaran Berbasis Komputer Pada SMAN 2 Negeri Katon,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 4, Mar. 2023.
- [8] R. E. Ramadhan, A. A. H. Saputri, M. Erhayati, A. A. Kadami, and E. Nurhayati, “Implementasi Bahasa pada LMS: Studi Kasus tentang Peran Mahasiswa dalam Menjaga Lingkungan yang Multikultural di Kampus Telkom University Surabaya,” *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 2, 2024.
- [9] A. Nikdel Teymori and M. A. Fardin, “COVID-19 and Educational Challenges: A Review of the Benefits of Online Education,” *Annals of Military and Health Sciences Research*, vol. 18, no. 3, Sep. 2020, doi: 10.5812/amh.105778.
- [10] M. Giatman, S. Siswati, and I. Y. Basri, “Online Learning Quality Control in the Pandemic Covid-19 Era in Indonesia,” no. 2, pp. 168–175, 2020, doi: 10.15294/jne.v6i2.25594.
- [11] M. Hamdan, J. H. Jaidin, M. Fithriyah, and M. Anshari, “E-learning in time of COVID-19 pandemic: Challenges & experiences,” in *Proceedings of the International Conference on e-Learning, ICEL*, Academic Conferences and Publishing International Limited, Dec. 2020, pp. 12–16. doi: 10.1109/econf51404.2020.9385507.
- [12] J. J. B. Joaquin, H. T. Biana, and M. A. Dacela, “The Philippine Higher Education Sector in the Time of COVID-19,” *Front Educ (Lausanne)*, vol. 5, Oct. 2020, doi: 10.3389/educ.2020.576371.
- [13] E. Aboagye, J. A. Yawson, and K. N. Appiah, “COVID-19 and E-Learning: the Challenges of Students in Tertiary Institutions,” *Social Education Research*, pp. 1–8, Jun. 2020, doi: 10.37256/ser.212021422.
- [14] I. Makruf, A. A. Rifa’i, and Y. Triana, “Moodle-based online learning management in higher education,” *International Journal of Instruction*, vol. 15, no. 1, pp. 135–152, Jan. 2022, doi: 10.29333/iji.2022.1518a.
- [15] S. Dhawan, “Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis,” *Journal of Educational Technology Systems*, vol. 49, no. 1, pp. 5–22, Sep. 2020, doi: 10.1177/0047239520934018.
- [16] M. C. Radu, C. Schnakovszky, E. Herghelegiu, V. A. Ciobotariu, and I. Cristea, “The impact of the COVID-19 pandemic on the quality of educational process: A student survey,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 21, pp. 1–15, Nov. 2020, doi: 10.3390/ijerph17217770.
- [17] C. Wang *et al.*, “Need satisfaction and need dissatisfaction: A comparative study of online and face-to-face learning contexts,” *Comput Human Behav*, vol. 95, pp. 114–125, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.chb.2019.01.034.
- [18] H. Prabowo, R. B. Ikhsan, and Y. Yuniarty, “Student performance in online learning higher education: A preliminary research,” *Front Educ (Lausanne)*, vol. 7, Nov. 2022, doi: 10.3389/educ.2022.916721.
- [19] “Data Pokok Pendidikan SMA/SMK/MA,” <https://dapo.kemdikbud.go.id/sp/2/316000>.
- [20] “Data Statistik Kota Batam,” <https://batamkota.bps.go.id/indicator/28/332/1/jumlah-perguruan-tinggi-mahasiswa-dan-tenaga-pendidik-negeri-dan-swasta-di-bawah-kementerian-ri-seteknologi-dan-pendidikan-tinggi-di-kota-batam.html>.
- [21] M. A. Momen, S. Sultana, Md. A. Hoque, S. H. Bin Shahriar, and A. S. M. Ashif, “Determinants of students’ satisfaction with digital classroom services: moderating effect of students’ level of study,” *Asian Association of Open Universities Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 160–175, Nov. 2023, doi: 10.1108/AAOUJ-09-2022-0124.
- [22] P.-C. Sun, R. J. Tsai, G. Finger, Y.-Y. Chen, and D. Yeh, “What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction,” *Comput Educ*, vol. 50, no. 4, pp. 1183–1202, May 2008, doi: 10.1016/j.compedu.2006.11.007.
- [23] W.-T. Wang and Y.-J. Lai, “Examining the adoption of KMS in organizations from an integrated perspective of technology, individual,

- and organization,” *Comput Human Behav*, vol. 38, pp. 55–67, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.chb.2014.05.013.
- [24] Y.-S. Wang and Y.-W. Liao, “Assessing eGovernment systems success: A validation of the DeLone and McLean model of information systems success,” *Gov Inf Q*, vol. 25, no. 4, pp. 717–733, Oct. 2008, doi: 10.1016/j.giq.2007.06.002.
- [25] X. Liu, M. He, F. Gao, and P. Xie, “An empirical study of online shopping customer satisfaction in China: a holistic perspective,” *International Journal of Retail & Distribution Management*, vol. 36, no. 11, pp. 919–940, Oct. 2008, doi: 10.1108/09590550810911683.
- [26] F. Lin, S. S. Fofanah, and D. Liang, “Assessing citizen adoption of e-Government initiatives in Gambia: A validation of the technology acceptance model in information systems success,” *Gov Inf Q*, vol. 28, no. 2, pp. 271–279, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.giq.2010.09.004.
- [27] R. D. Freeze, K. Alshare, P. Lane, and J. Wen, “IS Success Model in E-Learning Context Based on Students’ Perceptions,” *Journal of Information Systems Education*, vol. 21, no. 2, Jan. 2010.
- [28] J.-H. Wu and Y.-M. Wang, “Measuring KMS success: A respecification of the DeLone and McLean’s model,” *Information & Management*, vol. 43, no. 6, pp. 728–739, Sep. 2006, doi: 10.1016/j.im.2006.05.002.



## IMPLEMENTASI METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* UNTUK SISTEM PERAMALAN PENJUALAN ALAT MUSIK

Mohammad Akbar Ilham<sup>1</sup>, Sentot Achmadi<sup>2</sup>, Karina Aulia Sari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang  
Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65153

2118091@scholar.itn.ac.id, sentot\_achmadi@lecturer.itn.ac.id, karina.auliasari@lecturer.itn.ac.id

### Abstract

*EMC-Emmanuel Music Centre is a company that sells musical instruments and sound systems with the aim of advancing music and professional audio in Indonesia. This research aims to forecast the monthly sales of musical instruments to better manage sales data and develop more efficient sales strategies. The method used is Double Exponential Smoothing, a forecasting technique in data mining. The research subjects were the company's musical instrument sales data, with a population covering all sales transactions from January 2022 to January 2024. The sample was selected using purposive sampling, focusing on transaction data of top-selling products. Data was collected through interviews, direct observations of the sales process, and review of marketing strategy documents. The results show that the Double Exponential Smoothing method produces forecasts with an average MAE of 8.12%, categorized as very good. This study recommends using forecast results for inventory management and adjusting seasonal marketing strategies to improve efficiency. The results indicate that an alpha of 0.1 provides better accuracy with an MAE of 17.08, compared to an alpha of 0.2 with an MAE of 19.08. Therefore, an alpha of 0.1 is recommended for improving the forecasting accuracy.*

**Keywords:** Data Mining, Double Exponential Smoothing, MAE, Musical Instruments, Sales Forecasting

### Abstrak

EMC-Emmanuel Music Centre merupakan sebuah perusahaan yang menjual alat musik dan *sound system* dengan tujuan untuk memajukan musik dan profesional audio di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi penjualan bulanan alat musik sehingga pengelolaan data menjadi lebih terorganisir, sekaligus memungkinkan penyusunan strategi penjualan yang lebih efektif. Metode yang digunakan adalah *Double Exponential Smoothing*, salah satu teknik peramalan dalam analisis *data mining*. Subjek penelitian adalah data penjualan alat musik perusahaan, dengan populasi mencakup data transaksi penjualan yang berlangsung dari Januari 2022 hingga Januari 2024. Sampel penelitian diambil menggunakan teknik *sampling purposif*, yang difokuskan pada data transaksi produk tertentu dengan volume penjualan tertinggi. Data diperoleh melalui wawancara, observasi langsung proses penjualan, dan kajian dokumen terkait strategi pemasaran. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* menghasilkan peramalan dengan nilai rata-rata MAE sebesar 8,12%, termasuk dalam kategori sangat baik. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan hasil peramalan untuk pengelolaan stok barang dan penyesuaian strategi pemasaran musiman agar lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *alpha* 0,1 memberikan akurasi yang lebih baik dengan MAE sebesar 17,08 dibandingkan dengan *alpha* 0,2 yang memiliki MAE sebesar 19,08. Oleh karena itu, *alpha* 0,1 direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi peramalan.

**Kata kunci:** Data Mining, Double Exponential Smoothing, MAE, Penjualan Alat Musik, Peramalan Penjualan

### 1. PENDAHULUAN

Industri penjualan alat musik memiliki peran penting dalam mendukung perkembangan seni musik dan profesional *audio*, terutama di Indonesia. Perencanaan yang baik dalam pengelolaan stok barang sangat penting untuk efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah sistem peramalan penjualan untuk meminimalkan risiko kelebihan atau kekurangan stok.

EMC-Emmanuel Music Centre merupakan perusahaan yang berfokus pada penjualan alat musik seperti drum, piano, dan *keyboard* serta peralatan *sound system*. Toko ini terletak di Jalan Siwalan No.11, Pisang Candi, Kec. Sukun, Kota Malang dan melayani berbagai kalangan, mulai dari musisi profesional hingga penggemar musik. Perusahaan ini berperan aktif dalam memajukan seni musik di Indonesia dengan mengedepankan teknologi dan layanan yang

unggul. Namun, saat ini toko EMC belum memiliki sistem peramalan penjualan yang dibutuhkan. Hal ini menyebabkan perusahaan kesulitan dalam mengelola stok barang, yang berujung pada risiko kelebihan atau kekurangan stok yang memengaruhi keuntungan perusahaan dan kepuasan pelanggan.

Penelitian sebelumnya telah membahas berbagai metode peramalan dalam konteks yang berbeda. Santiari dan Rahayuda [1] menggunakan metode *Exponential Smoothing* untuk meramalkan penjualan pada toko gitar dan menunjukkan hasil yang layak diterapkan dalam perencanaan stok. Saputri dan Huda [2] menerapkan metode *Double Exponential Smoothing* pada prediksi penjualan perangkat komputer, yang terbukti efektif dalam mengurangi masalah kekurangan dan kelebihan stok. Penelitian lainnya oleh Rahma et al. [3] mengembangkan Sistem peramalan penjualan pakaian wanita menggunakan metode yang sama, dapat membantu pengelolaan stok secara efisien. Penelitian tentang peramalan penjualan juga dilakukan dengan penjualan objek yang berbeda seperti penjualan beras, mukenah dan sepeda motor [4], [5], [6] dengan memakai metode *Double Exponential Smoothing*. Namun, Penelitian yang dilakukan belum membahas secara spesifik penerapan metode *Double Exponential Smoothing* dalam industri alat musik. Penelitian terkait peramalan penjualan telah dilakukan menggunakan berbagai metode selain *Double Exponential Smoothing*. Sebagai contoh, N. Luh menerapkan metode *Single Exponential Smoothing* untuk meramalkan penjualan barang [7], Sementara itu, R. Heni menggunakan metode *Regresi Linear* untuk memprediksi penjualan pada industri makanan ringan[8], dan M. Rahmawita mengaplikasikan metode *Least Square* untuk memperkirakan penjualan obat [9]. Penelitian lainnya dilakukan oleh U. Rahmat, yang memanfaatkan metode *Fuzzy Time Series* untuk peramalan penjualan obat[10], serta Saefuding, yang menggunakan metode *Single Moving Average* untuk meramalkan penjualan paving block [11].

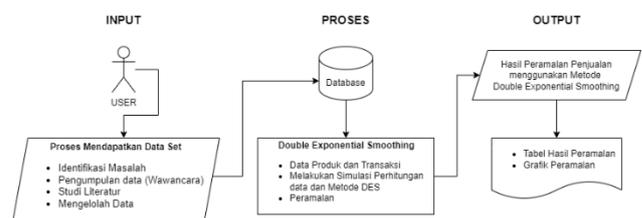
Berdasarkan analisis tersebut, Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem peramalan berbasis *web* untuk memprediksi penjualan alat musik di toko EMC dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengelolaan stok barang secara efisien [12].

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem peramalan yang akurat, objektif, dan efisien dengan menerapkan metode *Double Exponential Smoothing*. Sistem ini dirancang untuk mendukung pengelolaan stok barang di EMC, serta membantu pengambilan keputusan yang lebih baik mengenai persediaan barang di masa depan. *Double Exponential Smoothing* dipilih dalam penelitian ini karena memiliki keunggulan dalam menangani data historis dengan pola tren. Berbeda dengan metode *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing* mampu memperhitungkan perubahan tren secara lebih akurat melalui penggunaan dua komponen *smoothing* yaitu level

dan tren. Hal ini membuat metode *Double Exponential Smoothing* sangat cocok untuk peramalan penjualan bulanan alat musik di toko EMC, di mana pola penjualan menunjukkan perubahan yang dipengaruhi oleh tren pasar. Efektivitas metode *Double Exponential Smoothing* telah dibuktikan dalam berbagai penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian oleh Rahma et al. [3] menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* lebih andal dalam menangani data dengan tren jangka panjang. Oleh karena itu, dipilih dalam penelitian ini untuk memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dan relevan bagi toko EMC dalam mengelola stok barang [13].

## 2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dijelaskan dalam Gambar 1 sebagai panduan untuk proses penelitian yang direncanakan untuk dilaksanakan.



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan identifikasi permasalahan untuk memahami secara mendalam masalah yang berkaitan dengan penelitian. Permasalahan ditemukan melalui wawancara dengan pemilik toko dan dilakukan pengumpulan data yang mencakup data produk dan data transaksi. Tahap berikutnya adalah mencari referensi dari jurnal-jurnal terdahulu yang memiliki persoalan serupa. Selanjutnya data yang diperoleh terdiri dari 11 produk dan 870 transaksi. Data transaksi tersebut kemudian diolah dan diberikan metode *Double Exponential Smoothing* untuk menghasilkan peramalan penjualan. Tahap terakhir adalah mengimplementasikan metode yang telah dirancang dan melakukan pengujian. Hasil pengujian dievaluasi untuk menentukan apakah metode yang digunakan sudah memenuhi kriteria yang diinginkan dan menghasilkan sebuah perhitungan dan tabel grafik hasil peramalan.

### 2.1 Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi masalah adalah langkah pertama dalam penelitian untuk memahami persoalan utama yang sedang dihadapi secara rinci. Dalam penelitian ini, masalah ditemukan melalui wawancara dengan pemilik toko alat musik. Pemilik toko mengungkapkan adanya kesulitan dalam memprediksi jumlah penjualan alat musik, sehingga kerap terjadi ketidakseimbangan stok, baik berupa kelebihan stok maupun kekurangan stok.

### 2.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap penting pada penelitian, karena mencakup informasi yang digunakan

pada penelitian. Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan mencakup dua jenis, yaitu data produk dan data transaksi penjualan alat musik. Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode, salah satunya adalah wawancara dengan pemilik toko untuk memahami masalah yang dihadapi dalam peramalan penjualan dan pengelolaan stok barang. Penelitian ini menggunakan data dari catatan transaksi penjualan alat musik dari Januari 2022 sampai Januari 2024, yang terdiri dari 870 data transaksi.

### 2.3 Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahap yang penting dalam proses penelitian untuk memastikan data yang telah dikumpulkan dapat digunakan secara efektif dalam peramalan. Proses pengolahan data dimulai dengan mempersiapkan data yang telah dikumpulkan, yaitu data produk dan transaksi penjualan yang kemudian diolah dari data mentah menjadi data yang siap dipakai. Selanjutnya menerapkan metode *Double Exponential Smoothing* untuk menghitung nilai peramalan dengan menggunakan pembobotan eksponensial pada data historis. Pembobotan ini bergantung pada nilai *alpha* yang dipilih, dalam penelitian ini, digunakan simulasi dengan nilai *alpha* 0,1 dan 0,2 untuk memperoleh hasil peramalan yang optimal.

### 2.4 Pemilihan Parameter Alpha

Dalam metode *Double Exponential Smoothing (DES)*, parameter *alpha* ( $\alpha$ ) berfungsi untuk mengontrol seberapa besar pengaruh data terbaru terhadap hasil peramalan. Nilai *alpha* ini berkisar antara 0 dan 1, di mana semakin besar nilai *alpha*, semakin besar pula pengaruh data terbaru terhadap peramalan. Untuk penelitian ini, dua nilai *alpha* diuji, yaitu 0,1 dan 0,2. Alasan pemilihan kedua nilai *alpha* ini adalah sebagai berikut:

- Alpha* 0,1 dipilih karena lebih mengutamakan data penjualan di masa lalu (historis), dengan memberikan bobot yang lebih besar pada data sebelumnya dan sedikit pada data terbaru. Ini cocok digunakan ketika tren penjualan cenderung stabil dan tidak banyak berubah.
- Alpha* 0,2 memberikan lebih banyak bobot pada data terbaru, yang berguna jika penjualan menunjukkan fluktuasi atau perubahan cepat.

### 2.5 Metode Double Exponential Smoothing

Metode *Exponential Smoothing* termasuk dalam kategori metode deret waktu (*time series*) yang memanfaatkan data historis untuk melakukan peramalan, di mana data tersebut diberi bobot yang menurun secara eksponensial seiring bertambahnya jumlah data. Metode ini tidak menggunakan rumus *smoothing* ganda secara langsung, tetapi melakukan *smoothing* pada komponen tren menggunakan parameter yang berbeda dari yang sebelumnya digunakan untuk data asli [14]. Langkah-langkah perhitungan peramalan dijelaskan sebagai berikut:

#### 2.5.1 Single Exponential Smoothing (SES)

Tahap pertama menghitung nilai peramalan menggunakan *Single Exponential Smoothing*.

$$S'_t = \alpha X_t + (1-\alpha) S'_{t-1} \quad (1)$$

keterangan:

$S'_t$  adalah nilai peramalan pada periode t

$X_t$  adalah nilai observasi riil pada periode t

$\alpha$  adalah parameter *smoothing* ( $0 < \alpha < 1$ )

$S'_{t-1}$  adalah peramalan pada periode sebelumnya

Memberikan bobot lebih besar terhadap perubahan pola dalam data [15].

#### 2.5.2 Double Exponential Smoothing (DES)

Selanjutnya, tahap kedua menggunakan *Double Exponential Smoothing*, yang memungkinkan peramalan untuk memperhitungkan tren dalam data. Persamaannya yaitu sebagai berikut:

$$S''_t = \alpha S'_t + (1-\alpha) S''_{t-1} \quad (2)$$

keterangan:

$S''_t$  adalah peramalan tingkat kedua yang memperhitungkan tren

$S'_t$  adalah nilai dari *Single Exponential Smoothing* pada periode t

$S''_{t-1}$  adalah nilai peramalan *Double Exponential Smoothing* pada periode sebelumnya

#### 2.5.3 Perhitungan Konstanta dan Koefisien Tren

Menentukan konstanta  $a_t$  dan koefisien tren  $b_t$ , yang digunakan untuk memperbaiki estimasi peramalan. Konstanta  $a_t$  dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$a_t = 2S'_t - S''_t \quad (3)$$

Menghitung koefisien tren

$$b_t = \alpha (1-\alpha) (S'_t - S''_t) \quad (4)$$

#### 2.5.4 Perhitungan besar nilai peramalan

Setelah konstanta dan koefisien tren dihitung, peramalan untuk periode mendatang dapat dilakukan menggunakan rumus

$$f_{t+m} = a_t + b_t(m) \quad (5)$$

keterangan:

$f_{t+m}$  adalah peramalan untuk periode t + m

$a_t$  adalah konstanta pada periode t

$b_t$  adalah koefisien tren pada periode t

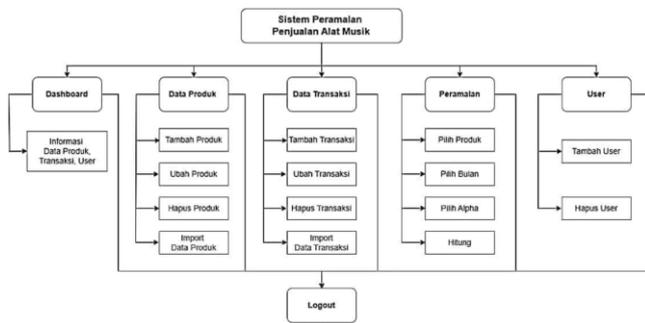
m adalah jumlah periode yang ingin diprediksi

### 2.6 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini bertujuan untuk mempermudah pengembangan sistem sehingga dapat tersusun secara terstruktur dan rapi.

#### a) Struktur Menu

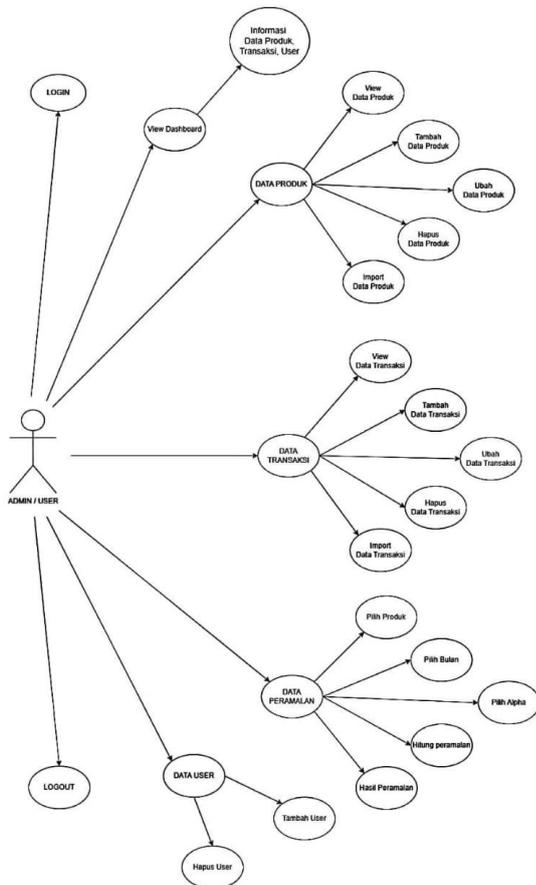
Struktur menu *website* yang akan dibuat di dalamnya adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Menu Website

#### b) Diagram Use case

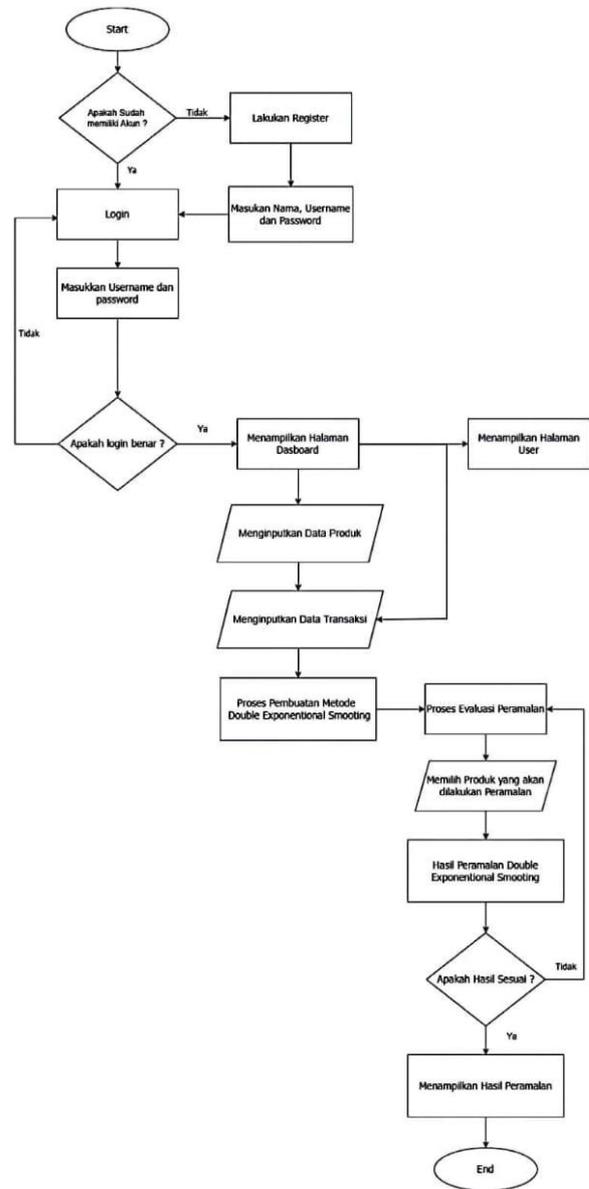
Use case merupakan gambaran yang mendeskripsikan cara pengguna berinteraksi dengan suatu sistem, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Use Case

#### c) Flowchart sistem

Flowchart digunakan untuk memudahkan pemahaman alur data dari satu langkah ke langkah berikutnya dalam sebuah sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Sistem

### 2.7 Metode Pengujian

Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk mengevaluasi kinerja peramalan dengan mengukur selisih antara hasil peramalan dan data aktual. "Error" merujuk pada perbedaan antara nilai yang diprediksi dan yang sebenarnya terjadi, dihitung dalam bentuk nilai absolut (tanpa memperhatikan tanda positif atau negatif). MAE dihitung dengan menjumlahkan selisih absolut antara data aktual dan peramalan, kemudian membaginya dengan jumlah data. Semakin kecil nilai MAE, semakin akurat model peramalan [16].

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^N |X_t - F_t|}{n} \tag{6}$$

keterangan:

MAE adalah Mean Absolute Error atau rata-rata absolut

$X_t$  adalah Data aktual untuk periode t

$F_t$  adalah Data peramalan untuk periode t

n adalah Jumlah total data

### 2.8 Skenario pengujian

Skenario Pengujian yang akan di lakukan dengan data selama 25 bulan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skenario Pengujian

Bulan	Data Terjual
Jan 2022	14
Feb 2022	28
Mar 2022	10
Apr 2022	44
Mei 2022	38
Jun 2022	17
Jul 2022	25
Ags 2022	65
Sep 2022	17
Okt 2022	2
Nov 2022	0
Des 2022	9
Jan 2023	0
Feb 2023	0
Mar 2023	0
Apr 2023	0
Mei 2023	3
Jun 2023	53
Jul 2023	19
Ags 2023	21
Sep 2023	2
Okt 2023	13
Nov 2023	21
Des 2023	30
Jan 2024	4

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

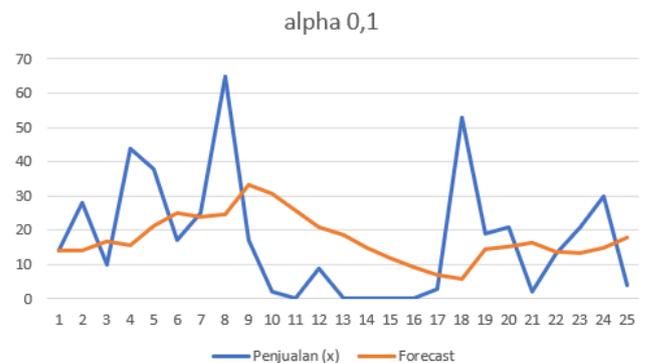
### 3.1 Hasil Perhitungan

Simulasi model peramalan dilakukan untuk menguji efektivitas metode *Double Exponential Smoothing* dalam memprediksi data penjualan [6]. Pada tabel 2 menyajikan percobaan simulasi model dengan menggunakan  $\alpha$  0,1.

Tabel 2. Simulasi Pengujian dengan Alpha 0,1

Bulan	Aktual	$S'_t$	$S''_t$	$a_t$	$b_t$	$F_{t+m}$	MAE
Jan 2022	14	14	14	14	0	14	0
Feb 2022	28	15	14	17	0	14	14
Mar 2022	10	15	14	16	0	17	7
Apr 2022	44	18	15	21	0	16	28
Mei 2022	38	20	15	25	1	21	17
Jun 2022	17	20	16	24	0	25	8
Jul 2022	25	20	16	24	0	24	1
Ags 2022	65	25	17	32	1	25	40
Sep 2022	17	24	18	30	1	33	16
Okt 2022	2	22	18	25	0	31	29
Nov 2022	0	19	18	21	0	26	26
Des 2022	9	18	18	19	0	21	12
Jan 2023	0	17	18	15	0	19	19
Feb 2023	0	15	18	12	0	15	15
Mar 2023	0	13	17	10	0	12	12
Apr 2023	0	12	17	7	-1	9	9
Mei 2023	3	11	16	6	-1	7	4
Jun 2023	53	15	16	15	0	6	47
Jul 2023	19	16	16	15	0	15	4
Ags 2023	21	16	16	16	0	15	6
Sep 2023	2	15	16	14	0	16	14
Okt 2023	13	15	16	13	0	14	1
Nov 2023	21	15	16	15	0	13	8
Des 2023	30	17	16	18	0	15	15
Jan 2024	4	15	16	15	0	18	14

Hasil pengujian dengan menggunakan  $\alpha$  0,1 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Penjualan dengan Alpha 0,1

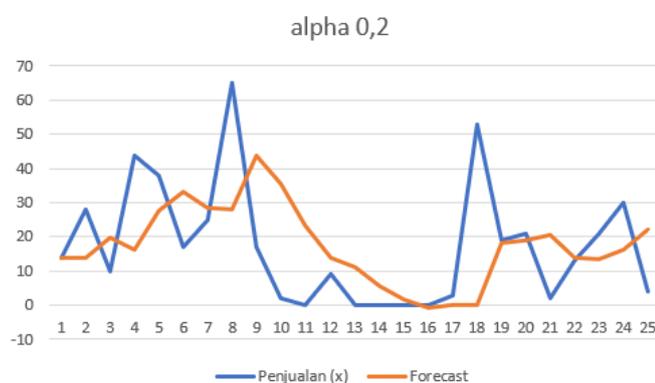
Selanjutnya melakukan pengujian simulasi model dengan menggunakan  $\alpha$  0,2 untuk pelatihan dan pengujian ditampilkan Tabel 3.

Tabel 3. Simulasi Pengujian dengan Alpha 0,2

Bulan	Aktual	$S'_t$	$S''_t$	$a_t$	$b_t$	$F_{t+m}$	MAE
Jan 2022	14	14	14	14	0	14	0
Feb 2022	28	17	15	19	1	14	14
Mar 2022	10	15	15	16	0	20	10

Bulan	Aktual	$S'_t$	$S''_t$	$a_t$	$b_t$	$F_{t+m}$	MAE
Apr 2022	44	21	16	26	1	16	28
Mei 2022	38	25	18	31	2	28	10
Jun 2022	17	23	19	27	1	33	16
Jul 2022	25	23	20	27	1	28	3
Ags 2022	65	32	22	41	2	28	37
Sep 2022	17	29	23	34	1	44	27
Okt 2022	2	23	23	23	0	35	33
Nov 2022	0	19	23	15	-1	23	23
Des 2022	9	17	21	12	-1	14	5
Jan 2023	0	13	20	7	-2	11	11
Feb 2023	0	11	18	4	-2	6	6
Mar 2023	0	9	16	1	-2	2	2
Apr 2023	0	7	14	0	-2	-1	1
Mei 2023	3	6	13	0	-2	0	3
Jun 2023	53	15	13	18	1	0	53
Jul 2023	19	16	14	19	1	18	1
Ags 2023	21	17	14	20	1	19	2
Sep 2023	2	14	14	14	0	21	19
Okt 2023	13	14	14	13	0	14	1
Nov 2023	21	15	14	16	0	13	8
Des 2023	30	18	15	21	1	16	14
Jan 2024	4	15	15	16	0	22	18

Hasil pengujian dengan menggunakan  $\alpha$  0,2 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Penjualan dengan  $\alpha$  0,2

Setelah mendapatkan hasil peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*, tahap berikutnya dalam penelitian ini yaitu menguji pada model yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data aktual untuk membandingkan hasil peramalan dengan data sesungguhnya. Evaluasi dilakukan dengan perhitungan nilai *Mean Absolute Error (MAE)* sebagai indikator tingkat akurasi peramalan.

### 3.2 Pengujian Akurasi

Tujuan dari pengujian akurasi ini adalah untuk mengevaluasi seberapa cocok metode yang digunakan dalam meramalkan penjualan di masa depan. Pengujian akurasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keakuratan

metode *Double Exponential Smoothing* dalam meramalkan penjualan alat musik [17]. Akurasi dievaluasi dengan menghitung nilai *Mean Absolute Error (MAE)*, yang menggambarkan rata-rata kesalahan *absolute* antara data aktual dan hasil peramalan.

Pengujian dilakukan menggunakan dua nilai parameter uji  $\alpha$  (0,1 dan 0,2) Untuk membandingkan hasil peramalan dengan data terjual selama periode 25 bulan, dilakukan analisis evaluasi dengan menghitung selisih antara nilai peramalan dan data aktual. Perbandingan hasil perhitungan nilai *MAE* untuk masing-masing skenario dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Nilai *MAE* dengan  $\alpha$  0,1 dan 0,2

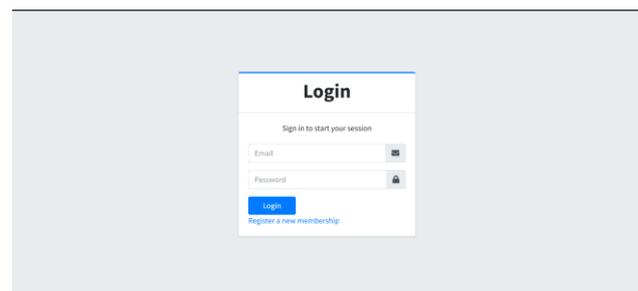
$\alpha$	MAE	Kesimpulan
0,1	17,08	Tingkat kesalahan lebih rendah
0,2	19,08	Hasil <i>MAE</i> lebih tinggi

Dapat disimpulkan bahwa  $\alpha$  0,1 memberikan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan  $\alpha$  0,2 dalam konteks data penjualan yang digunakan. Oleh karena itu,  $\alpha$  0,1 dapat direkomendasikan untuk digunakan dalam sistem peramalan penjualan alat musik.

### 3.3 Implementasi Metode *Double Exponential Smoothing* pada website

#### a. Form Login

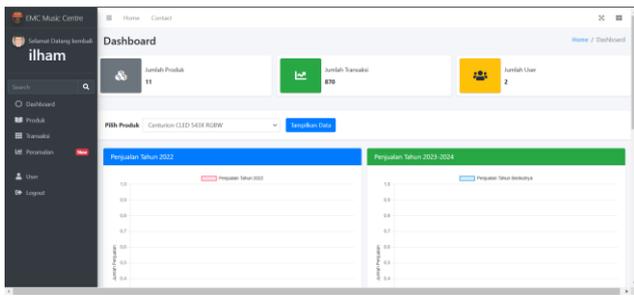
Halaman *login* pengguna memasukkan email dan *password* yang telah terdaftar. Jika email atau *password* yang dimasukkan salah, maka pengguna tidak dapat mengakses halaman *Dashboard*. Gambar 7 menunjukkan tampilan *form* untuk *login*.



Gambar 7. Halaman *Login*

#### b. Halaman *Dashboard*

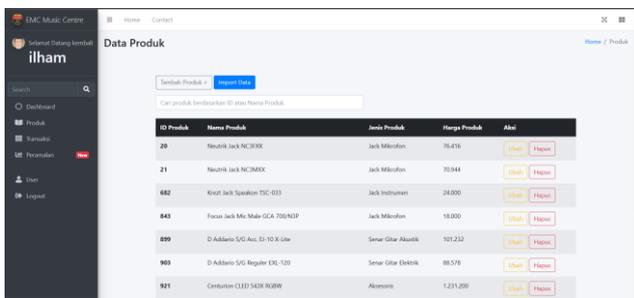
Halaman *Dashboard* menampilkan informasi mengenai jumlah produk, jumlah transaksi, dan jumlah pengguna yang terdaftar. Tampilan halaman *Dashboard* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman Dashboard

c. Halaman Produk

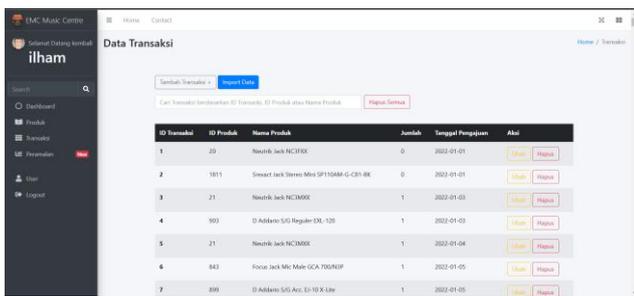
Halaman data produk menampilkan informasi mengenai produk yang akan digunakan dalam proses peramalan. Pada halaman ini tersedia fitur untuk menambah, mengubah, menghapus, dan mencari data produk. Tampilan halaman data produk dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Halaman Produk

d. Halaman Transaksi

Halaman data transaksi memberikan informasi mengenai jumlah penjualan produk setiap harinya. Halaman ini dilengkapi dengan fitur untuk menambah, mengubah, menghapus, dan mencari data transaksi. Data transaksi tersebut digunakan sebagai dasar untuk melakukan peramalan penjualan pada halaman Peramalan. Tampilan halaman data transaksi dapat dilihat pada Gambar 10.

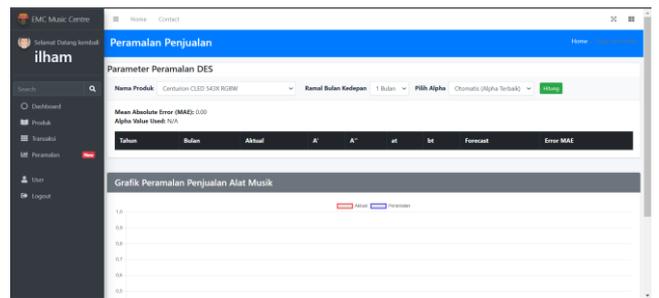


Gambar 10. Halaman Transaksi

e. Halaman Peramalan

Halaman Peramalan menampilkan sebuah dropdown yang memungkinkan pengguna untuk memilih produk yang akan diramalkan, menentukan jumlah bulan untuk peramalan, dan memilih nilai  $\alpha$  antara 0,1 hingga 0,9. Setelah pengguna memilih data untuk peramalan, hasilnya akan

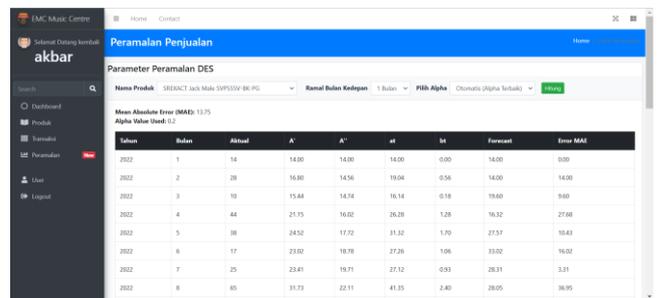
ditampilkan dalam bentuk grafik. Tampilan halaman Peramalan ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Halaman Peramalan

f. Halaman Peramalan untuk Hasil Peramalan

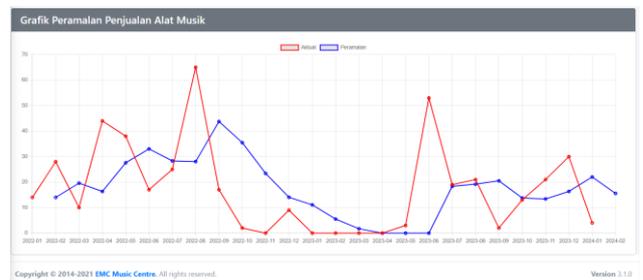
Halaman Peramalan untuk hasil dari peramalan menampilkan informasi mengenai tahun, bulan, data aktual, perhitungan  $A'$ ,  $A''$ ,  $at$ ,  $bt$ , Forecast, dan nilai error MAE. Tampilan halaman hasil peramalan dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Halaman Hasil Peramalan

g. Halaman Peramalan untuk Hasil Grafik Peramalan

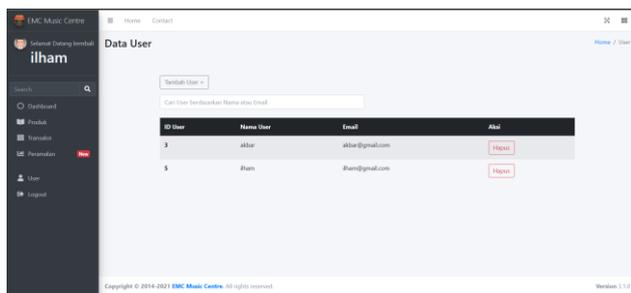
Halaman grafik peramalan menampilkan informasi mengenai nilai dari jumlah data aktual dan data peramalan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Halaman Hasil grafik Peramalan

h. Halaman User

Halaman User menampilkan halaman user yang di gunakan untuk mengetahui siapa saja yang telah terdaftar pada sistem. Pada halaman user terdapat action yang di gunakan untuk menambah data user dan menghapus data user. Serta terdapat beberapa field berupa ID User, Nama user, Email user dapat dilihat pada Gambar 14.



ID User	Nama User	Email	Aksi
1	akbar	akbar@gmail.com	[Hapus]
2	ilham	ilham@gmail.com	[Hapus]

Gambar 14. Halaman Hasil grafik Peramalan

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem untuk meramalkan penjualan alat musik menggunakan metode *Double Exponential Smoothing (DES)* yang dirancang untuk mendukung pengelolaan stok barang di *EMC Music Centre*. Dengan memanfaatkan data historis penjualan, sistem ini dapat memberikan perkiraan penjualan yang lebih akurat untuk masa depan, yang membantu mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan stok. Pengujian menggunakan dua parameter  $\alpha$ , yaitu 0,1 dan 0,2, menunjukkan bahwa  $\alpha$  0,1 menghasilkan nilai *Mean Absolute Error (MAE)* sebesar 17,08, yang lebih rendah dibandingkan dengan  $\alpha$  0,2 yang memiliki *MAE* 19,08. Hal ini menunjukkan bahwa  $\alpha$  0,1, yang lebih mengutamakan data historis, memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dan sesuai dengan karakteristik tren penjualan di toko EMC.

Sistem berbasis *web* yang dikembangkan memberikan kemudahan bagi toko EMC dalam memanfaatkan hasil peramalan untuk pengambilan keputusan terkait stok barang. Dengan menggunakan  $\alpha$  0,1 sebagai parameter terbaik dan pembaruan data historis secara berkala, sistem ini dapat diandalkan untuk mendukung efisiensi operasional, meningkatkan manajemen stok, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Penelitian ini juga menemui beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu keterbatasannya adalah jumlah data yang relatif sedikit untuk penggunaan model, yang dapat memengaruhi akurasi prediksi. Untuk meningkatkan hasil penelitian di masa depan, beberapa saran dapat dipertimbangkan. Pertama, *dataset* yang digunakan dapat ditambahkan minimal 3 tahun sebelumnya, sehingga model dapat memberikan akurasi yang lebih baik. Terakhir, metode yang digunakan seperti *Triple Exponential Smoothing (Holt-Winters)* dapat menjadi langkah untuk mencari pendekatan yang lebih efektif dan efisien dalam melakukan peramalan penjualan alat musik.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis, M.A.I, mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian jurnal ini. Terima kasih atas bantuan, bimbingan, dan

kerjasama yang sangat berharga sepanjang proses penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. P. L. Santiari and I. G. S. Rahayuda, "Penerapan Metode Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penjualan Pada Toko Gitar," *JOINTECS (Journal Inf. Technol. Comput. Sci.)*, vol. 5, no. 3, pp. 203–209, 2020, doi: 10.31328/jointecs.v5i3.1520.
- [2] N. A. O. Saputri and N. Huda, "Implementasi Sistem Informasi Prediksi Hasil Penjualan Perangkat Komputer Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 3, p. 806, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i3.2253.
- [3] D. A. R. Chiesa, J. D., Achmadi, S., Irawan, "Sistem Peramalan Penjualan Pakaian Wanita Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing (Studi Kasus Pada Ime Female Fashion)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 4, pp. 2319–2324, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/7499>
- [4] A. Manullang, S., Mansyur, "Peramalan penjualan beras di Perum Bulog Sub Divre Medan menggunakan metode double exponential smoothing," *J. Ris. Rumpun Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 2, no. 1, pp. 26–36, 2023, [Online]. Available: <https://prin.or.id/index.php/JURRIMIPA/article/view/618>
- [5] M. Abdillah, N. A., Auliasari, K., & Orisa, "Peramalan penjualan mukena dengan metode single exponential smoothing berbasis web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 4, pp. 2288–2294, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/7484>
- [6] M. Hidayanti, R. N., Achmadi, S., & Orisa, "Sistem peramalan penjualan sepeda motor menggunakan metode double exponential smoothing," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 2, pp. 1245–1253, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/9087>
- [7] N. Luh, W. Sri, R. Ginantra, I. Bagus, and G. Anandita, "Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Dalam Peramalan Penjualan Barang," *J. Sains Komput. Inform. (J-SAKTI)*, vol. 3, pp. 433–441, 2019, [Online]. Available: <http://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jsakti>
- [8] Roberta Heni, Solihin, Jasan Supratman, and R. Muhendra, "Pengembangan model peramalan penjualan menggunakan metode regresi linier dan

- polinomial pada industri makanan ringan (Studi Kasus: CV. Stanley Mandiri Snack),” *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 10, no. 2, pp. 185–192, 2023, doi: 10.37373/tekno.v10i2.456.
- [9] M. Rahmawita and I. Fazri, “Aplikasi Peramalan Penjualan Obat Menggunakan Metode Least Squaredi Rumah Sakit Bhayangkara,” *J. Ilm. Rekayasa dan Manaj. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 2, p. 201, 2018, doi: 10.24014/rmsi.v4i2.5685.
- [10] S. Listyaning Pangestu *et al.*, “Model Lee Metode Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Penjualan Obat Antibiotik,” *J. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 4, no. 2, 2024, doi: 10.8734/trigo.v1i2.365.
- [11] Saefudin, D. Susandi, and F. Nafis, “Sistem Peramalan Penjualan Paving Block Menggunakan Metode Single Moving Average,” *JSiI (Jurnal Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 2, pp. 75–81, 2021, doi: 10.30656/jsii.v8i2.3727.
- [12] David Ari fianto, Fatma Ayu N.F.A, and Tri Rijanto, “Analisis Peramalan Penjualan Ayam Dengan Menggunakan Metode Moving Average Dan Exponential Smoothing Di Cv. Tabassam Az Zufar Jombang,” *J. Penelit. Bid. Inov. Pengelolaan Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 44–52, 2023, doi: 10.33752/invantri.v3i1.5006.
- [13] N. Kristanti and M. Y. Darsyah, “Perbandingan Peramalan Metode Single Exponential Smoothing dan Double Exponential Smoothing pada Karakteristik Penduduk Bekerja di Indonesia Tahun 2017,” *Pros. Semin. Nas. Mhs. Unimus*, vol. 1, no. 1, pp. 368–374, 2018.
- [14] Imamatul Banat, Faisol, and Prengki Wirananda, “Perbandingan Metode Exponential Smoothing dalam Memprediksi Jumlah Produksi Ikan Layur di Pamekasan,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 197–207, 2024, doi: 10.55826/jtmit.v3i2.359.
- [15] U. M. Fakultas, I. Komputer, and M. Azhari, “Perbandingan Metode Double Exponential Smoothing Dan Triple Exponential Smoothing Dalam Parameter Tingkat Error Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Means Absolute Deviation (MAD) Alviani Krisma Putut Pamilih Widagdo Kata kunci-forecasting, Double Exponential Smoothing (DES), Triple Exponential Smoothing (TES). Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Means Absolute Deviation (MAD),” *Pros. Semin. Nas. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 2, 2019.
- [16] C. K. Murni, “Perbandingan Peramalan Penjualan Minuman Menggunakan Algoritma Single Exponential Smoothing Dan Triple Exponential Smoothing,” *J. Informatics Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 59–64, Apr. 2023, doi: 10.30741/jid.v2i2.1014.
- [17] C. U. Aji, Wasito Galih, “Jurnal Teknologi Terpadu LEARNING,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 8, no. 1, pp. 89–94, 2022.



## IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY* DALAM SAINS BERBASIS ANDROID DENGAN KARTU INTERAKTIF

Nur Aminudin<sup>1</sup>, Mutmainah<sup>2</sup>, Afnan Zalfa Salsabila A<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Aisyah Pringsewu

<sup>2</sup>SMP Negeri 1 Sukoharjo

<sup>3</sup>Pertanahan, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional Yogyakarta  
Pringsewu, Lampung, Indonesia 35372

nuraminudin@aisyahuniversity.ac.id, mutmainah2203@gmail.com, afnan\_zaufa\_salsabila\_a@taruna.stpn.ac.id

### Abstract

*Significant changes in education have resulted from the advancement of information technology, particularly in the area of abstract science teaching. Android-based Augmented Reality (AR) technology using interactive cards as educational materials is one possible breakthrough. Through interactive visualizations that enable in-depth subject analysis, this project seeks to increase student comprehension and engagement. The ASSURE model served as the basis for the research and development (R&D) methodology used in the study. Learning needs and technology are integrated in this paradigm, which consists of the following steps: Analyze Learners, State Objectives, Select Media and Materials, Utilize Media and Materials, Require Learner Participation, and Evaluate and Revise. Data were collected during a four-week observation period using pretest and posttest tests. An n-gain of 0.71 (high category) in the experimental class and 0.47 (moderate category) in the control class indicated a substantial increase, according to paired sample t-test analysis. The primary distinction was that the control class had less access to AR devices. The findings demonstrated that AR increased student comprehension and involvement. However, obstacles included infrastructural needs and sample limits. To investigate AR's efficacy on a broader scale and its influence on long-term learning results, more research is advised.*

**Keywords:** Android, Augmented Reality, Interactive Cards, n-Gain, R&D

### Abstrak

Perkembangan teknologi informasi membawa perubahan signifikan dalam pendidikan, terutama dalam memfasilitasi pembelajaran sains yang abstrak. Salah satu inovasi potensial adalah teknologi *Augmented Reality (AR)* berbasis android dengan kartu interaktif sebagai media pembelajaran. Penelitian ini bertujuan meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa melalui visualisasi interaktif yang memungkinkan eksplorasi materi secara mendalam. Penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* dengan model ASSURE sebagai kerangka kerja. Model ini meliputi *Analyze Learners, State Objectives, Select Media and Materials, Utilize Media and Materials, Require Learner Participation*, serta *Evaluate and Revise*, yang mengintegrasikan kebutuhan pembelajaran dengan teknologi. Data diperoleh melalui tes pretes dan postes dalam observasi empat minggu. Analisis *paired sample t-test* menunjukkan peningkatan signifikan pada kelas eksperimen dengan n-gain 0,71 (kategori tinggi) dibanding kelas kontrol dengan n-gain 0,47 (kategori sedang). Faktor utama perbedaan adalah keterbatasan akses perangkat AR di kelas kontrol. Hasil menunjukkan AR meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa. Namun, keterbatasan sampel dan kebutuhan infrastruktur menjadi hambatan. Penelitian selanjutnya disarankan mengeksplorasi efektivitas AR dalam skala lebih besar dan dampaknya terhadap hasil belajar jangka panjang.

**Kata kunci:** Android, Augmented Reality, Kartu Interaktif, n-Gain, R&D

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam dunia pendidikan [1]. Salah satu inovasi teknologi yang kini banyak dikembangkan dan diterapkan dalam sektor pendidikan adalah *Augmented*

*Reality (AR)* [2]. Teknologi AR memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek virtual yang disisipkan ke dalam dunia nyata melalui perangkat digital seperti smartphone atau tablet [3]. AR menawarkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan dengan memadukan unsur dunia nyata dan dunia virtual dalam satu

tampilan [4]. Dalam konteks pembelajaran, terutama untuk materi-materi yang membutuhkan visualisasi dan pemahaman konsep-konsep abstrak, AR berpotensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran [5].

Dalam pembelajaran sains, teknologi AR menawarkan solusi yang efektif untuk memvisualisasikan konsep-konsep yang sulit dipahami hanya dengan teks atau gambar, seperti struktur atom, reaksi kimia, atau fenomena fisik lainnya [6]. Pemahaman siswa terhadap materi sains seringkali terhambat oleh keterbatasan alat bantu visual dan metode pengajaran yang kurang menarik [7]. Meskipun demikian, implementasi AR dalam pembelajaran sains di Indonesia masih relatif terbatas. Kebanyakan sekolah di Indonesia belum memanfaatkan teknologi ini secara maksimal, meskipun keberadaan perangkat digital seperti *smartphone* sudah sangat umum di kalangan siswa. Salah satu kendala utama yang dihadapi adalah kurangnya aplikasi AR yang mudah diakses, terjangkau, dan dirancang khusus untuk mendukung pembelajaran sains di tingkat sekolah dasar dan menengah [8].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu solusi yang dapat diusulkan adalah pengembangan aplikasi *Augmented Reality* berbasis Android yang dilengkapi dengan kartu interaktif sebagai media pembelajaran [9]. Kartu interaktif ini berfungsi sebagai pemicu (*trigger*) untuk menampilkan objek-objek virtual yang terkait dengan materi pembelajaran. Dengan menggunakan aplikasi AR, siswa dapat memanfaatkan kartu ini untuk melihat penjelasan visual yang lebih mendalam mengenai konsep-konsep sains, baik itu berupa model 3D, animasi, maupun simulasi yang dapat diinteraksikan langsung oleh siswa. Penggunaan kartu ini sebagai media fisik juga memungkinkan siswa untuk belajar secara lebih aktif dan mandiri, mengingat mereka dapat mengakses materi dengan cara yang menyenangkan dan tidak terbatas pada waktu atau tempat tertentu.

Teknologi AR berbasis Android ini sangat relevan mengingat tingkat penetrasi penggunaan *smartphone* yang sangat tinggi di kalangan masyarakat Indonesia [10]. Hampir setiap siswa di sekolah menengah dan dasar memiliki akses ke perangkat android, sehingga pengembangan aplikasi yang dapat dijalankan di perangkat tersebut akan lebih mudah diakses oleh banyak siswa [11]. Dengan menggabungkan AR dengan kartu interaktif, aplikasi ini dapat menawarkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif, sekaligus memberikan solusi bagi keterbatasan sarana dan prasarana yang ada di sebagian besar sekolah [12].

Urgensi dan Rasionalisasi penerapan teknologi AR dalam pembelajaran sains sangat tinggi [13]. Sains merupakan mata pelajaran yang sering kali dianggap sulit oleh siswa karena banyaknya konsep-konsep yang bersifat abstrak dan memerlukan pemahaman mendalam [14]. Misalnya, dalam mempelajari struktur atom, siswa sering kesulitan untuk

membayangkan bagaimana atom itu sendiri terbentuk, bagaimana elektron berputar mengelilingi inti, atau bagaimana suatu reaksi kimia berlangsung. Dengan AR, konsep-konsep ini dapat divisualisasikan dalam bentuk objek tiga dimensi yang dapat dilihat dan dipelajari dengan lebih jelas [15]. Hal ini dapat membantu meningkatkan pemahaman siswa, sekaligus mengurangi rasa bosan atau kesulitan yang seringkali muncul dalam proses belajar.

Selain itu, penggunaan aplikasi berbasis android memanfaatkan perangkat yang sudah familiar di kalangan siswa [16]. Dibandingkan dengan perangkat keras lainnya yang mungkin mahal dan sulit dijangkau, *smartphone* android lebih terjangkau dan mudah digunakan. Aplikasi AR berbasis android dengan kartu interaktif dapat diakses oleh siswa secara langsung tanpa memerlukan peralatan tambahan yang rumit [17]. Inilah yang menjadikan pendekatan ini sebagai solusi praktis dan efektif untuk diterapkan di sekolah-sekolah di Indonesia.

Namun, meskipun potensi teknologi AR dalam pembelajaran sangat besar, implementasi yang ada saat ini masih terbatas. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa, tetapi masih ada beberapa kendala yang menghambat penerapannya [18]. Penggunaan AR dalam pendidikan sains dapat meningkatkan keterlibatan siswa karena dapat menyajikan informasi dengan cara yang lebih menarik dan memudahkan pemahaman konsep-konsep kompleks [19]. Namun, mencatat bahwa banyak aplikasi AR yang ada saat ini belum sepenuhnya mengintegrasikan aspek interaktivitas yang optimal [20]. Banyak aplikasi yang terlalu berfokus pada visualisasi tanpa memberikan kesempatan bagi siswa untuk berinteraksi secara langsung dengan objek virtual yang ada.

Penelitian di Universitas Negeri Semarang menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pendidikan meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan, membuat mereka lebih aktif dalam proses belajar [21] [22]. Penelitian oleh Rachim et al. (2024) mengungkapkan bahwa AR membantu siswa dalam memahami dan mengingat informasi lebih baik melalui pengalaman visual yang interaktif, yang menjadikan pembelajaran lebih menarik [23]. Dalam konteks pendidikan kedokteran, AR memungkinkan mahasiswa untuk berlatih prosedur medis tanpa risiko nyata, sehingga meningkatkan keterampilan praktis mereka [21]. Pembelajaran Kontekstual, AR memungkinkan siswa belajar dalam konteks nyata, seperti mempelajari sejarah di lokasi bersejarah dengan informasi terkait yang ditampilkan melalui aplikasi AR [21]. Penerapan dalam Pembelajaran Anatomi, penelitian menunjukkan bahwa penerapan AR dalam pembelajaran anatomi organ vital di sekolah menengah secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap struktur dan fungsi organ [24]. Validitas Media Pembelajaran AR, penelitian di SMK menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR memiliki validitas tinggi dan respons pengguna yang positif, menandakan

efektivitasnya dalam pendidikan kejuruan [25]. Kartu Interaktif sebagai Media Pembelajaran menunjukkan bahwa penggunaan kartu interaktif dalam pembelajaran berbasis AR dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa dengan menghubungkan dunia fisik dan virtual.

Meskipun banyak penelitian mendukung penggunaan AR dalam pendidikan, terdapat beberapa gap yang perlu diperhatikan antara lain keterbatasan Infrastruktur, banyak sekolah di Indonesia masih menghadapi kendala infrastruktur dan sumber daya yang membatasi penerapan teknologi AR secara luas. Banyak aplikasi AR saat ini tidak sepenuhnya mengintegrasikan aspek interaktivitas yang optimal, sehingga pengalaman belajar siswa menjadi kurang maksimal. Meskipun *smartphone* umum digunakan, masih ada kekurangan aplikasi AR yang dirancang khusus untuk mendukung pembelajaran sains di tingkat sekolah dasar dan menengah [26].

Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penggunaan kartu interaktif dalam pembelajaran berbasis AR dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa [27]. Menyoroti bagaimana kartu interaktif dapat menjadi alat yang efektif untuk menghubungkan dunia fisik dengan dunia virtual, memungkinkan siswa untuk melihat objek-objek yang sebelumnya hanya ada dalam bentuk teori atau gambar menjadi lebih nyata dan dapat dilihat secara langsung [2]. Kartu interaktif ini dapat meningkatkan keterlibatan siswa karena memberikan kesempatan bagi mereka untuk melakukan eksplorasi dan interaksi secara langsung dengan materi yang sedang dipelajari [28].

Selain itu, banyak penelitian yang mendukung penggunaan AR dalam pendidikan, masalah utama yang sering ditemukan adalah keterbatasan sumber daya yang dimiliki sekolah, baik dalam hal perangkat keras, perangkat lunak, maupun keterampilan teknis pengajar [29]. Bagaimana implementasi teknologi AR berbasis android dengan kartu interaktif dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Teknologi ini diharapkan mampu memfasilitasi pemahaman siswa melalui visualisasi interaktif yang menarik, tetapi efektivitasnya dalam mendukung pencapaian hasil belajar secara signifikan masih perlu diteliti lebih jauh. Hal ini menjadi tantangan besar bagi penerapan AR secara lebih luas di sekolah-sekolah, terutama di daerah-daerah dengan keterbatasan infrastruktur [30]. Salah satu pendekatan yang dapat mengatasi masalah ini adalah dengan mengembangkan aplikasi yang sederhana, efisien, dan dapat diakses dengan mudah melalui perangkat android, serta memanfaatkan kartu interaktif sebagai media yang tidak membutuhkan perangkat tambahan yang mahal.

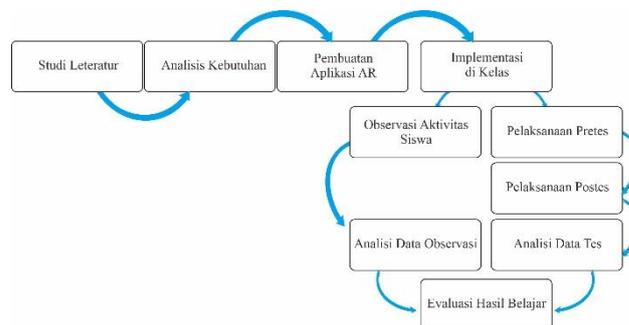
Berdasarkan tinjauan pustaka dan permasalahan yang ada, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR berbasis android yang dilengkapi dengan kartu interaktif sebagai media pembelajaran sains. Dengan aplikasi ini, siswa dapat lebih mudah memahami konsep-konsep sains yang sulit dipahami secara abstrak, sambil meningkatkan

motivasi dan keterlibatan mereka dalam proses belajar. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi praktis mengenai bagaimana teknologi AR dengan kartu interaktif dapat diimplementasikan secara efektif di sekolah-sekolah, terutama dalam konteks pembelajaran sains di Indonesia.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pembelajaran yang lebih inovatif dan efektif, serta memberikan solusi bagi masalah-masalah yang dihadapi oleh siswa dan pendidik dalam mempelajari dan mengajarkan sains.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* sebagai alat dalam pengembangan sistem aplikasi AR berbasis android yang dilengkapi dengan kartu interaktif sebagai media pembelajaran sains.. *R&D* berfungsi sebagai kerangka kerja sistematis untuk merancang, mengembangkan, dan menguji produk. Langkah-langkah penelitian dirancang untuk memenuhi tujuan penelitian, yaitu membantu siswa memahami konsep-konsep sains yang abstrak serta meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran melalui media digital yang interaktif [31]. Gambar 1 menunjukkan metode dan tahapan penelitian.



**Gambar 1.** Metode dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu Lampung, yang memiliki sarana pendukung untuk implementasi teknologi AR dalam proses pembelajaran. Kegiatan penelitian berlangsung selama enam bulan, yang mencakup tahapan pengembangan aplikasi, implementasi dalam kegiatan pembelajaran, dan evaluasi hasil belajar siswa.

Aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk beroperasi pada perangkat android, memanfaatkan kartu interaktif sebagai pemicu untuk menampilkan objek 3D yang relevan dengan materi pembelajaran sains. Media kartu interaktif ini memungkinkan siswa mengakses penjelasan visual yang lebih mendalam, baik dalam bentuk model 3D, animasi, atau simulasi yang dapat diinteraksikan. Perangkat utama yang digunakan adalah *smartphone* android, yang memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan konten digital dalam pembelajaran sains.

Pengumpulan data dilakukan dengan dua metode utama: observasi dan tes. Observasi bertujuan untuk mencatat aktivitas siswa selama proses pembelajaran, terutama keterlibatan aktif mereka saat menggunakan aplikasi AR berbasis kartu interaktif [32]. Data hasil observasi ini dicatat menggunakan lembar observasi yang memuat indikator keterlibatan aktif siswa, seperti intensitas interaksi dengan media, antusiasme dalam menggunakan aplikasi, dan kemauan untuk mengeksplorasi materi. Selain itu, *pretest* dan *posttest* digunakan untuk mengukur pemahaman siswa terhadap materi sains sebelum dan setelah menggunakan aplikasi AR. Tes ini dirancang untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

Pengolahan data hasil penelitian dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif. Data observasi dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan tingkat keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Sementara itu, data hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji *t-test* untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar siswa sebelum dan setelah menggunakan aplikasi AR.

Metode penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai efektivitas penggunaan AR berbasis android dengan kartu interaktif sebagai solusi praktis dan inovatif dalam pembelajaran sains, serta menjadi referensi bagi pengembangan metode pembelajaran digital yang menarik dan mudah diakses di lingkungan sekolah menengah di Indonesia.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sains melalui aplikasi *Augmented Reality (AR)* berbasis android yang dilengkapi dengan kartu interaktif. Berikut adalah hasil penelitian berdasarkan tujuan yang ingin dicapai, yaitu peningkatan hasil belajar dan tingkat keterlibatan siswa disajikan dalam Tabel 1.

Data hasil belajar siswa diukur menggunakan *pretest* dan *posttest* untuk menilai efektivitas aplikasi AR dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep abstrak pada materi sains. Rata-rata nilai *pretest* dan *posttest*, serta peningkatan nilai (*n-Gain*) disajikan dalam tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Peningkatan Hasil Belajar Siswa

Kelas	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>	<i>n-Gain</i>	Kriteria Peningkatan
Eksperimen	48,72	84,68	0,71	Tinggi
Kontrol	47,50	71,43	0,47	Sedang

Tabel di atas menunjukkan bahwa kelas eksperimen yang menggunakan aplikasi AR berbasis kartu interaktif mengalami peningkatan yang lebih tinggi (*n-Gain* = 0,71) dibandingkan dengan kelas kontrol (*n-Gain* = 0,47). Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan AR berbasis kartu

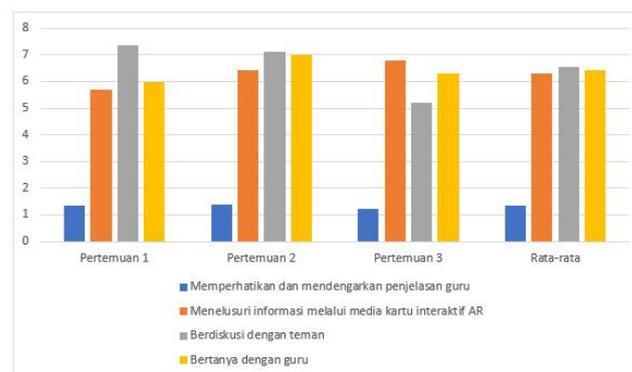
interaktif memiliki dampak signifikan terhadap pemahaman siswa.

Keterlibatan siswa selama pembelajaran juga diobservasi dengan mengamati frekuensi dan intensitas aktivitas siswa, seperti perhatian terhadap penjelasan, interaksi dengan media AR, dan diskusi. Berikut adalah rekapitulasi aktivitas siswa dalam Tabel 2 dan grafik.

**Tabel 2.** Keterlibatan Siswa dalam Pembelajaran

Aspek yang Dinilai	P1	P2	P3	Rata-rata
Memperhatikan dan mendengarkan penjelasan guru	1,36	1,40	1,23	1,33
Menelusuri informasi melalui media kartu interaktif AR	5,71	6,43	6,79	6,31
Berdiskusi dengan teman	7,34	7,13	5,19	6,55
Bertanya dengan guru	5,98	6,99	6,30	6,42

Dari hasil observasi pada tabel 2, terlihat bahwa keterlibatan siswa mengalami peningkatan pada setiap aspek yang diamati, terutama pada aktivitas menelusuri informasi melalui media kartu interaktif dan berdiskusi dengan teman. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi AR berbasis kartu interaktif mendorong siswa untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran.



**Gambar 2.** Grafik Peningkatan Keterlibatan Siswa

Dari Gambar 2 Grafik Peningkatan Keterlibatan Siswa dapat dijabarkan beberapa aspek telah diamati secara mendetail. Berikut adalah hasil pengamatan tersebut:

1. **Memperhatikan dan Mendengarkan Penjelasan Guru**  
Siswa menunjukkan kemampuan yang bervariasi dalam memperhatikan dan mendengarkan penjelasan guru. Skor yang dicapai pada:
  - Pertemuan pertama adalah 1,36.
  - Pertemuan kedua meningkat menjadi 1,40.
  - Namun, pada pertemuan ketiga menurun menjadi 1,23.
  - Rata-rata keseluruhan adalah 1,33.
2. **Menelusuri Informasi melalui Media Kartu Interaktif AR**  
Aktivitas ini menunjukkan perkembangan yang signifikan. Hasilnya adalah:

- Pertemuan pertama mencatat skor 5,71.
  - Pertemuan kedua meningkat menjadi 6,43.
  - Pertemuan ketiga kembali mengalami peningkatan menjadi 6,79.
  - Rata-rata keseluruhan adalah 6,31.
3. Berdiskusi dengan Teman  
Aspek diskusi dengan teman menunjukkan pola fluktuasi, dengan skor:
- 7,34 pada pertemuan pertama.
  - Sedikit menurun menjadi 7,13 pada pertemuan kedua.
  - Lebih jauh menurun pada pertemuan ketiga dengan skor 5,19.
  - Rata-rata keseluruhan adalah 6,55.
4. Bertanya kepada Guru  
Kemampuan siswa dalam bertanya kepada guru juga mengalami fluktuasi, dengan skor:
- 5,98 pada pertemuan pertama.
  - Meningkat cukup signifikan menjadi 6,99 pada pertemuan kedua.
  - Menurun kembali menjadi 6,30 pada pertemuan ketiga.
  - Rata-rata keseluruhan adalah 6,42.

Secara keseluruhan, hasil ini memberikan gambaran penting mengenai perkembangan aktivitas siswa selama proses pembelajaran dan menunjukkan area yang dapat ditingkatkan lebih lanjut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi AR dengan kartu interaktif pada pembelajaran sains secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa dan mendorong keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran seperti yang dilihat pada gambar 2. Adanya visualisasi objek 3D dan interaksi dengan media digital menjadikan pembelajaran lebih menarik dan efektif.

Secara keseluruhan, penelitian ini mendukung penggunaan AR sebagai alat bantu belajar yang mampu menjawab keterbatasan metode konvensional dalam menjelaskan konsep-konsep abstrak pada pembelajaran sains.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi *Augmented Reality* (AR) berbasis Android dengan kartu interaktif sebagai media pembelajaran berhasil meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sains. Peningkatan yang signifikan dalam hasil belajar dan tingginya keterlibatan siswa menegaskan bahwa teknologi AR berpotensi menjadi solusi efektif untuk menghadapi tantangan dalam mengajarkan materi sains yang kompleks dan abstrak.

Pertama, peningkatan hasil belajar siswa terlihat dari nilai *postest* pada kelas eksperimen, yang mengalami kenaikan signifikan dengan nilai *n-Gain* sebesar 0,71 atau dalam kategori tinggi, dibandingkan dengan kelas kontrol yang hanya mencapai *n-Gain* sebesar 0,47. Dalam konteks

penelitian ini, teknologi AR membantu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak pada sistem ekskresi manusia dalam bentuk objek tiga dimensi, sehingga siswa dapat lebih mudah memahaminya. Visualisasi yang diberikan oleh AR memungkinkan siswa untuk melihat konsep-konsep tersebut secara nyata, yang tidak mungkin dilakukan melalui metode konvensional berbasis teks atau gambar statis.

Kemudian, peningkatan hasil belajar ini juga menunjukkan bahwa AR berbasis kartu interaktif memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan konkret. Visualisasi berbasis AR membantu siswa untuk menghubungkan konsep-konsep abstrak dengan representasi nyata yang dapat diamati, sehingga proses belajar menjadi lebih efektif dan memotivasi siswa untuk menggali lebih jauh konsep yang mereka pelajari.

Keterlibatan siswa juga menunjukkan hasil yang positif, dengan adanya peningkatan dalam interaksi aktif, antusiasme, dan partisipasi dalam diskusi kelompok. Observasi terhadap aktivitas siswa menunjukkan bahwa mereka lebih banyak terlibat dalam mengeksplorasi informasi melalui kartu interaktif dan berdiskusi dengan teman, yang menandakan bahwa pembelajaran berbasis AR ini mendorong pola *student-centered learning*. Melalui teknologi AR, siswa tidak hanya melihat konten pembelajaran secara pasif tetapi juga terlibat secara aktif dalam eksplorasi dan interaksi, sehingga proses belajar menjadi lebih menarik dan partisipatif.

Selain itu, aplikasi AR berbasis kartu interaktif ini mendorong siswa untuk belajar mandiri dan berkolaborasi, meningkatkan keterampilan bekerja dalam kelompok, dan mengembangkan rasa ingin tahu. Dalam pembelajaran abad ke-21, keterampilan-keterampilan ini menjadi esensial, dan teknologi AR membantu menjembatani kesenjangan tersebut dengan memberikan pengalaman belajar yang lebih kaya dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional.

Dengan pendekatan baru ini, siswa dapat langsung berinteraksi dan mengubah sudut pandang objek 3D sesuai kebutuhan mereka, yang memberikan pengalaman belajar lebih komprehensif dan meningkatkan hasil belajar.

Dalam penelitian ini, pendekatan yang diambil adalah dengan menggunakan perangkat android yang sudah umum dimiliki oleh siswa, sehingga media pembelajaran ini dapat diakses dengan mudah tanpa membutuhkan perangkat tambahan yang mahal. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya menunjukkan efektivitas AR dalam pembelajaran tetapi juga memberikan solusi untuk penerapan teknologi ini di sekolah-sekolah dengan keterbatasan infrastruktur, terutama di daerah-daerah yang memiliki kendala sumber daya.

Penelitian ini juga menawarkan kebaruan dalam penggunaan aplikasi AR berbasis android dengan kartu

interaktif sebagai media belajar. Dengan pendekatan ini, siswa tidak hanya memperoleh visualisasi yang lebih baik tetapi juga diberi kesempatan untuk mengakses materi secara mandiri dan berkolaborasi dengan rekan mereka dalam pembelajaran. Penemuan ini sesuai dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21 yang mendorong pengembangan keterampilan mandiri dan kolaboratif berbasis teknologi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi AR dalam pembelajaran sains tidak hanya efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep-konsep abstrak, tetapi juga mampu memotivasi siswa untuk lebih aktif dan terlibat dalam pembelajaran. Temuan ini memberikan kontribusi baru dalam literatur mengenai pemanfaatan AR, terutama dalam konteks pembelajaran sains di Indonesia, dan menegaskan pentingnya inovasi teknologi dalam mendukung proses belajar yang lebih dinamis dan menarik bagi siswa.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi *Augmented Reality* (AR) berbasis Android dengan kartu interaktif secara signifikan meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sains. Hasil penelitian mengindikasikan peningkatan hasil belajar siswa terlihat dari nilai *n-gain* sebesar 0,71 pada kelas eksperimen (kategori tinggi), dibandingkan dengan kelas kontrol sebesar 0,47 (kategori sedang), penggunaan AR memfasilitasi visualisasi konsep abstrak, seperti sistem ekskresi manusia, sehingga lebih mudah dipahami oleh siswa, keterlibatan siswa dalam pembelajaran meningkat, terutama pada aspek eksplorasi informasi melalui kartu interaktif dan diskusi kelompok. Penelitian tersebut memberikan alternatif media pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan teknologi AR untuk mengatasi kendala visualisasi dalam pembelajaran sains. Membuktikan efektivitas metode pembelajaran berbasis teknologi dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa serta menyediakan dasar bagi pengembangan metode pembelajaran berbasis teknologi yang mudah diakses oleh sekolah-sekolah dengan keterbatasan sumber daya.

Limitasi atau kelemahan pada penelitian ini terletak pada sampel penelitian relatif kecil, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi, keterbatasan infrastruktur di beberapa sekolah membatasi penerapan teknologi ini secara luas, keterbatasan perangkat AR di kelas kontrol memengaruhi hasil perbandingan.

Untuk menunjukkan keberlanjutan, saran penelitian selanjutnya melakukan penelitian dengan cakupan yang lebih luas, melibatkan lebih banyak sekolah dan siswa untuk meningkatkan validitas hasil, mengembangkan fitur AR yang lebih interaktif untuk mendorong eksplorasi materi secara mandiri, menyediakan pelatihan untuk guru dalam penggunaan aplikasi AR agar implementasi dapat dilakukan

secara efektif, mengevaluasi dampak jangka panjang penggunaan AR pada hasil belajar siswa.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa teknologi AR berbasis kartu interaktif dapat menjadi solusi praktis dan efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sains di Indonesia..

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terima kasih kepada Universitas Aisyah Pringsewu, SMP Negeri 1 Sukoharjo Kabupaten Pringsewu yang telah memberikan akses untuk pelaksanaan penelitian ini, sehingga dapat dilaksanakan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Junaedy, A. Huraerah, A. W. Abdullah, and A. Rivai, "Pengaruh Teknologi Informasi Dan Komunikasi Terhadap Pendidikan Indonesia," *J. Penelit. dan Kaji. Sos. Keagamaan*, vol. 18, pp. 133–146, 2021, [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.31958/jaf.v11i2.10548>
- [2] eLearning Industry, "Immersive Learning: How Virtual And Augmented Reality Are Transforming Higher Education," *eLearning Industry*, 2023. <https://elearningindustry.com/immersive-learning-how-virtual-and-augmented-reality-transforming-higher-education> (accessed Nov. 13, 2024).
- [3] Merdeka.com, "Perbedaan VR dan AR, Lengkap dengan Kelebihan Kekurangannya," *Merdeka.com*, 2023. <https://www.merdeka.com/jabar/perbedaan-vr-dan-ar-beserta-kelebihan-kekurangannya-kln.html?page=5> (accessed Nov. 13, 2024).
- [4] M. P. Dr. Abd. Mukhid, "Desain Teknologi dan Inovasi Pembelajaran," Pertama. Yogyakarta: Pustaka Egaliter, 2023. [Online]. Available: [http://repository.iainmadura.ac.id/904/1/DESAIN TEKNOLOGI DAN INOVASI PEMBELAJARAN.pdf](http://repository.iainmadura.ac.id/904/1/DESAIN%20TEKNOLOGI%20DAN%20INOVASI%20PEMBELAJARAN.pdf)
- [5] A. Fitriani, S. F. Rassyi, and S. Suyanto, "Pengembangan Media Pembelajaran 3D AR Budaya Sasambo: Pemahaman Budaya Sejak Dini," *J. Obs. J. Pendidik. Anak Usia Dini*, vol. 8, no. 1, pp. 189–200, 2024, doi: 10.31004/obsesi.v8i1.5392.
- [6] O. O. Rita and G. Guspatni, "Augmented Reality (AR) Technology in Chemistry Learning, Literature Review: Forms, Barriers and Utilization of Augmented Reality (AR) in Chemistry Learning," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 8, pp. 18552–18562, 2024, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/15094>
- [7] B. M. Abdullah, F. H. Nasution, and K. M. Parapat, "Pemanfaatan Media Pembelajaran Ipa Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa DI SD Negeri 060928 Medan," *J. Ilmu Pendidik. Islam*, no. 2, pp. 1–7, 2024, doi: <https://doi.org/10.59059/al->

- tarbiyah.v2i2.972.
- [8] Z. Mufidah, M. Darmayanti, and A. Hendriani, "Implementasi Pembelajaran Augmented Reality di Sekolah Dasar : A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis," *J. Belantika Pendidik.*, vol. 7, no. 1, pp. 38–45, 2024, [Online]. Available: <https://kayonmedia.com/jurnal/index.php/bp/article/download/265/143>
- [9] S. A. Ashari, H. A. and A. M. Mappalotteng, "Pengembangan Media Pembelajaran Movie Learning Berbasis Augmented Reality," *Jambura J. Informatics*, vol. 4, no. 2, pp. 82–93, 2022, doi: 10.37905/jji.v4i2.16448.
- [10] M. S. Rizka Mukhlisiah, S.E., *Manajemen Keuangan Di Era Digital*, Pertama. Serang-Banten: PT SADA KURNIA PUSTAKA, 2024. [Online]. Available: [https://repository.ipmi.ac.id/2498/1/Ebook\\_Manajemen Keuangan Di Era Digital.pdf](https://repository.ipmi.ac.id/2498/1/Ebook_Manajemen%20Keuangan%20Di%20Era%20Digital.pdf)
- [11] A. Munandar, "Pengembangan Aplikasi Android untuk Mendukung Pembelajaran Listening Bahasa Inggris Kelas XI SMAN 1 Boyan Tanjung," *J. Penelit. Inov.*, vol. 2, no. 3, pp. 511–542, 2023, doi: 10.54082/jupin.111.
- [12] Monsterar, "9 Aplikasi AR untuk Pembelajaran, Tingkatkan Mutu Pendidikan," *Monsterar*, 2023. <https://monsterar.net/2023/07/25/aplikasi-ar-untuk-pembelajaran/> (accessed Nov. 13, 2024).
- [13] F. Desianti, "Efektivitas Penggunaan Media Augmented Reality (AR) dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa Kelas VI pada Pembelajaran IPA di MI NU Jatirejo Pemalang," Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, 2024. [Online]. Available: [http://etheses.uingusdur.ac.id/9515/1/2320073\\_Cover\\_Bab I dan Bab V.pdf](http://etheses.uingusdur.ac.id/9515/1/2320073_Cover_Bab%20I%20dan%20Bab%20V.pdf)
- [14] A. Piliyanti, I. W. Muderawan, and S. Maryam, "Analisis Kesulitan Belajar Siswa Dalam Mempelajari Kimia Kelas Xi," *J. Pendidik. Kim. Undiksha*, vol. 5, no. 1, pp. 11–18, 2021, doi: 10.23887/jjpk.v5i1.32402.
- [15] N. Alfitriani, W. A. Maula, and A. Hadiapurwa, "Penggunaan Media Augmented Reality dalam Pembelajaran Mengenal Bentuk Rupa Bumi," *J. Penelit. Pendidik.*, vol. 38, no. 1, pp. 30–38, 2021, doi: 10.15294/jpp.v38i1.30698.
- [16] F. A. Nur'aini and N. Arfinanti, "Systematic Literature Review: Media Pembelajaran Berbasis Android Untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis," *Griya J. Math. Educ. Appl.*, vol. 4, no. 2, pp. 180–189, 2024, doi: 10.29303/griya.v4i2.437.
- [17] D. Turistyanto, W. Sumarni, and K. Kasmui, "Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Book Versi Android pada Materi Hidrokarbon," *Proceeding*, 2017.
- [18] K. W. Utama, M. K. Rahayu, L. F. Azizah, Winarti, J. W. Sitopu, and V. Wiliyanti, "Pengaruh Penggunaan Teknologi Augmented Reality Dalam Pembelajaran Ipa Terhadap Pemahaman Materi Pembelajaran," *J. Rev. Pendidik. dan Pengajara*, vol. 6, no. 3, pp. 7813–7821, 2024, [Online]. Available: <https://www.medigraphic.com/pdfs/educacion/cem-2017/cem172y.pdf>
- [19] [lmsspada.kemdikbud.go.id](https://lmsspada.kemdikbud.go.id), "Literasi dan Media Pembelajaran IT," *lmsspada.kemdikbud.go.id*, 2023. <https://lmsspada.kemdikbud.go.id/mod/forum/discuss.php?d=10124> (accessed Nov. 13, 2023).
- [20] U. P. Sari *et al.*, "Jawa Barat 40154 3 Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan," *Jl. HR. Soebrantas No.Km*, vol. 06, no. 03, pp. 17672–17679, 2024.
- [21] A. I. Nuresqi, H. Tasdiki, M. A. L. Putra, and F. P. Sopian, "Pemanfaatan Virtual Reality dan Augmented Reality dalam Bidang Pendidikan," <https://informatics.uui.ac.id/>, 2023. <https://informatics.uui.ac.id/2023/12/12/pemanfaatan-virtual-reality-dan-augmented-reality-dalam-bidang-pendidikan/>
- [22] Zakirman and C. Rahayu, "Popularitas WhatsApp sebagai media komunikasi dan berbagi informasi akademik mahasiswa," *Shaut al-Maktabah J. Perpustakaan, Arsip dan Dokumentasi*, vol. 10, no. 1, pp. 27–38, 2018, doi: 10.15548/shaut.v10i1.7.
- [23] M. R. Rachim, A. Salim, and Q. Qomario, "Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Terhadap Keaktifan Belajar Siswa Dalam Pendidikan Modern," *J. Ris. dan Inov. Pembelajaran*, vol. 4, no. 1, pp. 594–605, 2024, doi: 10.51574/jrip.v4i1.1407.
- [24] E. Y. Lorin, H. Hindarto, and C. Taurusta, "Penerapan Augmented Reality dalam Pendidikan Anatomi Manusia di Sekolah Menengah," *Indones. J. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 3, p. 15, 2024, doi: 10.47134/ijat.v1i3.3067.
- [25] Y. Huda, E. Tasrif, R. E. Sari, and R. R. K. Costa, "Literature Review : Penggunaan Media Augmented Reality dalam Pendidikan Kejuruan," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 9, no. 1, p. 27, 2023, doi: 10.24036/jtev.v9i1.121703.
- [26] D. D. A. Ridwan, M, Zulhajji, "Pengembangan Media Pembelajaran Aplikasi Augmented Reality Berbasis Android untuk Pembelajaran DNA Dan RNA," *Univ. Negeri Makassar*, 2021, [Online]. Available: <http://eprints.unm.ac.id/20325/>
- [27] W. A. Uno, "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Augmented Reality untuk

- Meningkatkan Pemahaman Konsep IPA,” *J. Pendidik. dan Pembelajaran*, vol. 4, no. 1, pp. 28–33, 2024.
- [28] M. Munawir, A. Rofiqoh, and I. Khairani, “Peran Media Interaktif Dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa pada Mata Pelajaran SKI di Madrasah Ibtidaiyah,” *J. AL-AZHAR Indones. SERI Hum.*, vol. 9, no. 1, pp. 63–71, 2024, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.36722/sh.v9i1.2828>
- [29] Dudu Suhandi Saputra, *Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality*, Pertama. Jawa Barat: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2021. [Online]. Available: <https://www.rcipress.rcipublisher.org/index.php/rcipress/catalog/download/777/1302/2134-1?inline=1>
- [30] P. G. Pamekasan, “MUBTADI : Jurnal Pendidikan Ibtidaiyah,” vol. 5, no. 2, pp. 126–135, 2024.
- [31] Reinaldi, “Pengembangan Media Simulasi Berbasis Augmented Reality pada Mata Pelajaran IPA KELAS VI MI DDI Kalukuang Makassar,” Universitas Negeri Makassar, 2020. [Online]. Available: <https://eprints-unm-ac-id.webpkgcache.com/doc/-/s/eprints.unm.ac.id/23969/2/SKRIPSI.pdf>
- [32] Z. Insani and F. M. Firdaus, “Pengembangan Aplikasi Bangun Ruang berbasis Augmented Reality ( AR ) untuk Meningkatkan Kecerdasan Spasial dan Self-Regulated Learning,” vol. 8, no. 5, pp. 1185–1196, 2024, doi: 10.31004/obsesi.v8i5.6141.



## KLASIFIKASI MOTIF BATIK YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE GLCM DAN CNN

Ananda Rizki Dani<sup>1</sup>, Irma Handayani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta  
Yogyakarta, D.I Yogyakarta, Indonesia 55164  
anandanipark@gmail.com, irma.handayani@staff.uty.ac.id

### Abstract

Yogyakarta batik motifs represent Indonesia's cultural heritage, but automatic classification remains challenging. This study develops a Yogyakarta batik motif classification system using a combination of the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) for texture feature extraction and Convolutional Neural Network (CNN) based on MobileNetV2 for image classification. GLCM was chosen for its ability to extract detailed texture features, while MobileNetV2 was used for its efficiency in visual pattern recognition with minimal computational resources. The dataset consists of 3,223 images from five batik motifs: Batik Ceplok, Batik Kawung, Batik Truntum, Batik Parang, and Batik Ciptoning, sourced from the Batik Keraton Museum Yogyakarta and Kaggle. The model achieved 99% accuracy, demonstrating the effectiveness of the approach in recognizing complex batik patterns. The results suggest that this system can be implemented into a mobile application with a client-server architecture for automatic motif detection. Despite promising results, the study is limited by dataset size and the complexity of specific motifs. Future research should expand the dataset and explore data augmentation techniques to improve classification accuracy for more complex motifs.

**Keywords:** Batik, Classification, CNN, GLCM, MobileNetV2

### Abstrak

Motif batik Yogyakarta memiliki keanekaragaman yang mencerminkan budaya Indonesia, namun klasifikasinya secara otomatis masih menghadapi tantangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi motif batik Yogyakarta menggunakan kombinasi metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk ekstraksi fitur tekstur dan *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis *MobileNetV2* untuk klasifikasi citra. GLCM dipilih karena kemampuannya dalam mengekstraksi informasi tekstur yang mendetail dari gambar, sementara CNN berbasis *MobileNetV2* digunakan karena efisiensinya dalam pengenalan pola visual dengan sumber daya komputasi yang rendah. *Dataset* yang digunakan berjumlah 3.223 gambar, terdiri dari lima kategori motif batik: Batik Ceplok, Batik Kawung, Batik Truntum, Batik Parang, dan Batik Ciptoning, yang diambil dari berbagai sumber, seperti Museum Batik Keraton Yogyakarta dan *Kaggle*. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi sebesar 99%, menandakan efektivitas pendekatan ini dalam mengidentifikasi pola motif batik yang kompleks. Implikasi penelitian ini adalah pengembangan sistem klasifikasi yang dapat diintegrasikan dalam aplikasi *mobile* berbasis *client-server* untuk mendeteksi otomatis motif batik. Meskipun hasil yang dicapai sangat baik, penelitian ini terbatas pada ukuran *dataset* dan kompleksitas motif batik tertentu. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas *dataset* dan mengeksplorasi augmentasi data untuk meningkatkan akurasi pada motif batik dengan kompleksitas lebih tinggi.

**Kata kunci:** Batik, CNN, GLCM, Klasifikasi, *MobileNetV2*

### 1. PENDAHULUAN

Sebagai negara dengan keberagaman budaya yang kaya, Indonesia mampu membanggakan warisan budayanya yang unik dan beragam. Salah satu aset budaya yang sangat dihargai adalah seni batik, khususnya motif batik khas Yogyakarta. Batik adalah salah satu bentuk warisan budaya yang berasal dari Indonesia dan telah mendapatkan pengakuan dari *UNESCO* sebagai Warisan Budaya

Takbenda Dunia[1]. Seni batik dapat diibaratkan sebagai lukisan dua dimensi dengan kain sebagai media utama. Karya ini memiliki makna dan nilai estetika yang mendalam, mencerminkan identitas budaya yang kuat. Setiap motif batik mengandung simbolisme yang terinspirasi oleh nilai-nilai animisme dan dinamisme, serta diwariskan secara turun-temurun sebagai bagian dari tradisi dan kearifan lokal[1].

Penelitian sebelumnya dalam klasifikasi batik sebagian besar terfokus pada pengenalan motif berdasarkan kota asalnya, seperti batik Solo dan Pekalongan. Beberapa penelitian juga mengkhususkan pada klasifikasi motif berdasarkan satu jenis motif atau motif batik secara umum dan kurang memfokuskan pada ciri khas motif batik khas Yogyakarta[1]. Selain itu, penggunaan CNN dan metode ekstraksi fitur tekstur GLCM telah terbukti meningkatkan akurasi klasifikasi[2], [3].

Penelitian ini mengidentifikasi celah dalam riset sebelumnya yang kurang mengoptimalkan penggunaan kombinasi GLCM dan CNN untuk klasifikasi motif batik Yogyakarta secara lebih spesifik. Oleh karena itu penelitian ini mengembangkan model yang menggabungkan metode GLCM dan CNN untuk mengklasifikasikan lima motif batik khas Yogyakarta, yaitu Batik Ceplok, Batik Kawung, Batik Truntum, Batik Parang, dan Batik Ciptoning yang dapat dibedakan berdasarkan polanya[2]. Diharapkan dengan metode ini dapat menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya.

Penelitian ini menggabungkan dua teknik yang telah terbukti efektif, yaitu *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Convolutional Neural Network* (CNN). GLCM digunakan untuk mengekstraksi fitur tekstur dari gambar batik, yang memberikan informasi penting mengenai pola tekstur yang ada pada setiap motif batik. GLCM memiliki keunggulan dalam hal efisiensi waktu komputasi dan akurasi, serta terbukti lebih cepat dan lebih efisien dibandingkan dengan metode ekstraksi tekstur lainnya, seperti *Local Binary Patterns* (LBP) atau *Histogram of Oriented Gradients* (HOG)[4].

Sementara itu, CNN adalah algoritma yang sangat efektif dalam klasifikasi gambar, khususnya untuk data citra yang kompleks seperti motif batik. CNN dapat mengekstrak fitur visual yang lebih kompleks melalui lapisan konvolusi dan dapat mempelajari pola yang mendalam dari gambar *input*. Dalam penelitian ini, CNN didukung oleh *transfer learning* menggunakan arsitektur *MobileNetV2* yang memungkinkan model memproses dan mengenali pola gambar dengan lebih akurat[5], [6]. Dengan menggabungkan GLCM dan CNN pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan hasil klasifikasi yang lebih optimal dalam mengenali motif batik Yogyakarta, yang memiliki keanekaragaman pola tekstur yang kompleks.

Pengembangan teknologi klasifikasi motif batik dengan memanfaatkan kombinasi GLCM dan CNN, diharapkan mampu meningkatkan akurasi klasifikasi motif batik Yogyakarta dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi untuk pelestarian budaya batik Yogyakarta, serta menawarkan solusi klasifikasi motif batik yang lebih efisien dan akurat.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian terkait penggunaan CNN untuk klasifikasi motif batik telah banyak dilakukan oleh peneliti di berbagai wilayah. Salah satu penelitian yang relevan dilakukan oleh Ramadhan *et al.* yang mengimplementasikan CNN untuk klasifikasi motif batik dengan menggunakan arsitektur *VGG-16*. Penelitian ini menggunakan *dataset* citra batik yang terdiri dari berbagai motif bersumber dari *Kaggle*, dan menghasilkan akurasi sekitar 85% pada data pengujian. Meskipun demikian, penelitian ini hanya terbatas pada beberapa motif batik dan belum memperhatikan penggunaan metode ekstraksi fitur tekstur secara mendalam seperti GLCM untuk meningkatkan akurasi klasifikasi[1].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Saputra *et al.* fokus pada klasifikasi motif batik pesisir, seperti batik gentongan, lasem, dan pekalongan menggunakan CNN. Dengan menggunakan *dataset* citra batik dari situs *Kaggle* dengan nama *dataset Indonesian Batik Motifs*, penelitian ini berhasil mencapai akurasi 83% dalam klasifikasi motif. Namun, penelitian ini hanya terbatas pada motif batik pesisir dan belum mengidentifikasi motif batik khas Yogyakarta secara spesifik, yang memiliki kompleksitas pola dan tekstur yang berbeda[7].

Selanjutnya, penelitian oleh Am & Sela menggabungkan teknik ekstraksi fitur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dengan jaringan saraf tiruan (JST) untuk klasifikasi motif batik Pekalongan. Meskipun GLCM terbukti efektif dalam menangkap informasi tekstur, hasil penelitian menunjukkan akurasi 55,5% pada data uji, yang masih dapat ditingkatkan dengan pengolahan citra yang lebih kuat[8].

Penelitian yang dilakukan oleh Ma'ruf *et al.* memanfaatkan metode ekstraksi fitur GLCM untuk menganalisis tekstur pada motif batik Besurek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan GLCM berhasil mencapai akurasi hingga 93%, yang menandakan efektivitas metode ini dalam mengklasifikasikan motif batik dengan baik. Meskipun demikian, penelitian ini hanya berfokus pada satu jenis batik dari daerah tertentu dan belum mengintegrasikan penggunaan teknologi lain seperti CNN untuk meningkatkan akurasi klasifikasi secara keseluruhan[3].

Penggunaan CNN untuk klasifikasi motif batik khas Yogyakarta telah dilakukan oleh Prayoga *et al.* yang menggunakan CNN dengan arsitektur *InceptionResNetV2* dan memperoleh akurasi 87,83%. Meskipun demikian, penelitian ini belum memanfaatkan ekstraksi fitur GLCM untuk mendeteksi tekstur halus yang ada pada motif batik Yogyakarta [2].

Dari penelitian-penelitian terdahulu, telah dilakukan berbagai perancangan atau implementasi sistem untuk mengklasifikasi motif batik menggunakan beberapa metode yang berbeda. Hasilnya, terdapat variasi dalam akurasi yang

dicapai oleh setiap penelitian, serta efisiensi dalam penerapannya.

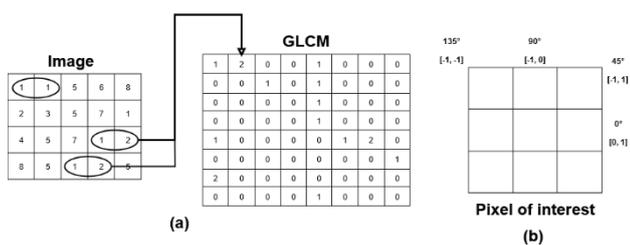
Penelitian ini memiliki keterkaitan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Perbedaan utama penelitian ini terletak pada algoritma yang digunakan dan jenis motif batik. Sebagian penelitian sebelumnya hanya fokus pada identifikasi motif batik tanpa membedakan jenisnya, sedangkan penelitian ini menggabungkan identifikasi motif dan jenis batik Yogyakarta, yang membuatnya menjadi penelitian yang berbeda dan inovatif dari penelitian sebelumnya. Lebih lanjut, dalam implementasinya, penelitian ini menggunakan metode GLCM untuk ekstraksi fitur tekstur dari gambar batik, serta CNN untuk pemrosesan gambar secara lebih mendalam.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

GLCM digunakan untuk menganalisis pola tekstur dalam gambar dengan menghitung fitur seperti kontras, homogenitas, energi, dan entropi, yang memberikan informasi tentang struktur lokal gambar. Metode ini memiliki aplikasi luas, termasuk dalam pengenalan pola, klasifikasi citra, dan analisis medis, seperti mendeteksi pola anomali pada gambar medis. Dengan demikian, GLCM menjadi alat yang penting untuk memahami dan memanfaatkan hubungan spasial antar-piksel dalam analisis citra, yang dapat digunakan untuk membedakan motif batik Yogyakarta[9].

GLCM cocok digunakan dalam klasifikasi motif batik karena fitur-fitur teksturnya mampu menangkap perbedaan pola yang sering kali hanya terlihat pada tingkat mikroskopis. Dalam motif batik yang rumit, GLCM membantu mendeteksi pola, arah, atau keteraturan, yang kemudian meningkatkan akurasi model *deep learning* seperti *MobileNetV2* dalam mengenali motif dengan lebih baik, meskipun jumlah data pelatihan terbatas.

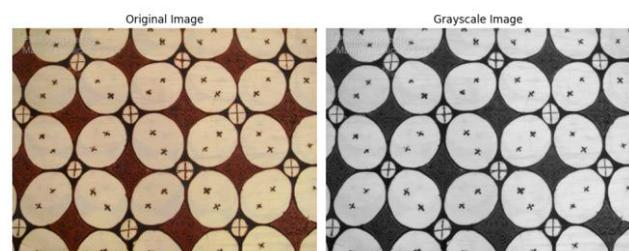


Gambar 1. Ilustrasi cara kerja GLCM.

Gambar 1 mengilustrasikan cara kerja GLCM, metode yang digunakan dalam analisis citra untuk menghitung hubungan spasial antara intensitas piksel dalam gambar. Pada panel (a), gambar *input* berupa matriks intensitas piksel ditunjukkan, di mana setiap elemen mewakili nilai intensitas piksel (contoh: 1, 2, 5, dll.). GLCM menghitung seberapa sering pasangan nilai piksel tertentu muncul berdekatan dalam arah tertentu. Dalam contoh ini, hubungan dihitung dalam arah horizontal ( $0^\circ$ ), sehingga matriks GLCM

terbentuk dengan elemen-elemen yang merepresentasikan jumlah kemunculan pasangan nilai piksel, seperti (1,1), (1,2), dan seterusnya. Sebagai contoh, pasangan (1,2) muncul dua kali di gambar, sehingga nilai pada matriks GLCM di posisi (1,1) bernilai 2.

Panel (b) menjelaskan arah yang dapat digunakan untuk menghitung hubungan antar-piksel, yaitu  $0^\circ$  (horizontal),  $45^\circ$  (diagonal ke kanan atas),  $90^\circ$  (vertikal), dan  $135^\circ$  (diagonal ke kiri bawah), dengan jarak antar piksel sebesar 1 piksel [10]. Setiap arah merepresentasikan posisi relatif piksel yang berpasangan, seperti piksel di sebelah kanan, di bawah, atau pada diagonal tertentu. Proses ini menghasilkan matriks GLCM untuk masing-masing arah, yang kemudian dapat digunakan untuk ekstraksi fitur tekstur.



Gambar 2. Perubahan citra sebelum dan sesudah dilakukan ekstraksi fitur GLCM.

Sebagai perbandingan gambar 2 merupakan perbedaan citra sebelum dan sesudah diekstraksi dengan fitur GLCM. Pada bagian kiri gambar 2 menampilkan motif batik dalam bentuk dan warna aslinya. Warna pada batik sering kali memiliki makna budaya dan estetika, namun dalam proses analisis tekstur berbasis GLCM, informasi warna diabaikan. Hal ini karena GLCM fokus pada hubungan spasial dan intensitas piksel, sehingga data warna tidak diperlukan untuk analisis.

Bagian kanan Gambar 2 menunjukkan motif batik yang telah dikonversi menjadi *grayscale* atau skala abu-abu. Setiap piksel dalam citra *grayscale* memiliki intensitas antara 0 (hitam) hingga 255 (putih). Langkah ini sangat penting karena GLCM hanya bekerja pada citra *grayscale*, dengan menganalisis hubungan antar piksel berdasarkan intensitas. Dengan mengubah gambar menjadi *grayscale*, analisis berfokus pada tekstur dan pola tanpa gangguan variasi warna.

Proses transformasi dari gambar berwarna ke *grayscale* memungkinkan analisis yang lebih sederhana namun akurat terhadap pola tekstur. Pada motif batik, keteraturan dan variasi pola menjadi informasi penting dalam pengenalan motif.

### 2.2.2 Convolutional Neural Network (CNN)

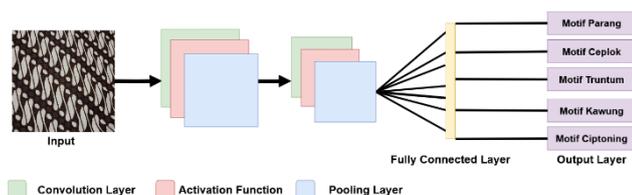
CNN merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk memproses data berbentuk *grid* seperti gambar. CNN sangat efektif dalam mengekstraksi dan mengenali pola dari data citra karena memiliki kemampuan

untuk memahami fitur sederhana seperti garis atau tepi hingga fitur kompleks seperti bentuk atau pola tertentu. Dalam penelitian ini, CNN digunakan untuk melakukan klasifikasi motif batik, dengan kemampuan untuk mengenali tekstur dan pola khas dari motif batik yang berbeda[11].

Jaringan saraf bekerja menyerupai cara kerja otak manusia, di mana model dapat dilatih secara bertahap untuk meningkatkan pemahaman dan mencapai akurasi yang optimal. Dengan menganalisis setiap piksel pada gambar dan mencocokkannya dengan data yang tersedia, CNN sangat efektif dalam memproses dokumen atau teks yang rusak. Teknologi ini juga ideal untuk menangani permasalahan spesifik, seperti analisis data pasar saham. Hingga saat ini, CNN terbukti lebih efisien dibandingkan dengan berbagai metode lain dalam menyelesaikan beragam tugas klasifikasi dan prediksi.[1].

Arsitektur CNN terdiri dari beberapa lapisan utama, yaitu *convolution layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer*. *Convolution layer* bertugas mengekstraksi fitur dari citra *input* melalui kernel atau filter yang bergerak melintasi seluruh citra, menghasilkan peta fitur. Setelah itu, *pooling layer* digunakan untuk mengurangi dimensi peta fitur ini, dengan mempertahankan informasi penting sekaligus mengurangi kompleksitas komputasi. Seluruh fitur yang telah diekstraksi di lapisan sebelumnya kemudian dihubungkan menjadi satu vektor fitur dalam *fully connected layer*. Lapisan ini memadukan semua informasi dari peta fitur dan meneruskannya ke *output layer*, di mana setiap neuron pada *output layer* mewakili satu kelas motif batik, seperti Parang, Ceplok, Truntum, Kawung, dan Ciptoning. Model menghasilkan probabilitas untuk setiap kelas, dan kelas dengan probabilitas tertinggi dipilih sebagai hasil prediksi.

Untuk meningkatkan kemampuan model dalam belajar pola yang lebih kompleks, *activation function ReLU (Rectified Linear Unit)* diterapkan setelah *Convolution layer*. *ReLU* berfungsi untuk memperkenalkan non-linearitas pada jaringan, memungkinkan model untuk mempelajari hubungan yang lebih rumit antara fitur yang diekstraksi dari citra. *ReLU* bekerja dengan cara mengubah nilai negatif menjadi nol, sementara nilai positif tetap tidak berubah. Dengan penerapan *ReLU*, jaringan saraf menjadi lebih cepat dalam proses pelatihan, meningkatkan efisiensi dan akurasi model dalam memprediksi klasifikasi motif batik.



Gambar 3. Ilustrasi arsitektur CNN pada penelitian ini.

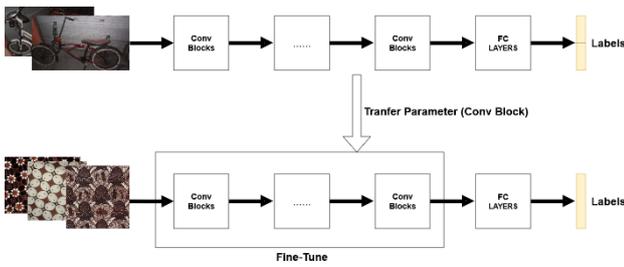
Ilustrasi pada gambar 3 memperlihatkan proses yang dilakukan oleh CNN dalam klasifikasi motif batik. Citra *input* berupa gambar motif batik diproses melalui *convolution layer*, yang berfungsi mendeteksi fitur dasar seperti garis, pola tepi, atau bentuk sederhana. Fungsi aktivasi *ReLU* diterapkan pada setiap *convolution layer* untuk mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan kemampuan jaringan dalam menangkap pola yang lebih kompleks. Peta fitur yang dihasilkan kemudian melalui *pooling layer* untuk mereduksi dimensi sambil mempertahankan fitur-fitur penting. Setelah melewati semua layer ini, peta fitur digabungkan menjadi vektor pada *fully connected layer* dan diteruskan ke *output layer*, di mana hasil klasifikasi berupa jenis motif batik ditentukan.

### 2.2.5 Transfer Learning

*Transfer learning* adalah teknik dalam pembelajaran mesin yang memungkinkan pemanfaatan model yang telah dilatih sebelumnya pada suatu *dataset* untuk diterapkan pada *dataset* baru dengan beberapa modifikasi. Teknik ini sangat berguna ketika pengumpulan data berlabel sulit dilakukan, seperti dalam klasifikasi motif batik, karena model dapat memperoleh pengetahuan dari *dataset* yang lebih besar dan umum. Dalam proses *transfer learning*, model yang telah dilatih pada *dataset* besar, seperti *ImageNet*, digunakan sebagai titik awal, yang memungkinkan model belajar lebih cepat dan mencapai akurasi yang lebih baik meskipun hanya menggunakan *dataset* pelatihan yang terbatas[12].

Pada penelitian ini, menggunakan model *MobileNetV2* sebagai dasar arsitektur CNN. *MobileNetV2* adalah model yang sangat efisien, menggunakan teknik seperti *depthwise separable convolution* untuk mengurangi jumlah parameter tanpa mengorbankan akurasi. Dengan proses *transfer learning*, model yang telah dilatih sebelumnya pada *dataset* umum seperti *ImageNet* digunakan untuk memulai pelatihan pada *dataset* motif batik. Model yang sudah dilatih ini membawa pengetahuan dasar tentang pola umum dalam gambar, dan hanya perlu disesuaikan dengan *dataset* spesifik melalui proses *fine-tuning*.

*Fine-tuning* dalam *transfer learning* adalah langkah selanjutnya di mana lapisan-lapisan tertentu dari model yang sudah dilatih diperbarui untuk lebih menyesuaikan diri dengan data baru, dalam hal ini motif batik Yogyakarta. Pada proses *fine-tuning*, lapisan-lapisan awal yang berfungsi untuk mengekstraksi fitur dasar seperti garis, tepi, dan bentuk biasanya tetap tidak berubah, karena fitur-fitur tersebut bersifat umum dan dapat diterapkan pada berbagai *dataset*. Hanya lapisan-lapisan lebih dalam yang perlu diperbarui untuk mengenali pola yang lebih spesifik terkait motif batik.



Gambar 4. Ilustrasi cara kerja *Transfer Learning*.

Proses *transfer learning* ini bekerja dengan baik karena model sudah memiliki pengetahuan tentang pola dasar dari *dataset* yang lebih besar dan dapat dengan cepat disesuaikan dengan pola baru yang ada pada motif batik. Seperti yang terlihat pada gambar 4, bahwa model awal dilatih menggunakan *dataset* pertama (misalnya gambar sepeda). Model ini terdiri dari beberapa blok *convolutional* (*Conv Blocks*) untuk mengekstrak fitur-fitur penting dari gambar dan *fully connected layers* (*FC Layers*) untuk melakukan klasifikasi. Setelah model berhasil dilatih, parameter yang dipelajari oleh bagian *Conv Blocks* ditransfer ke model baru. Pada bagian bawah gambar, model baru diadaptasi untuk *dataset* kedua (gambar motif batik) dengan menggunakan *Conv Blocks* dari model awal. Proses ini diikuti dengan *fine-tuning*, di mana lapisan *Conv Blocks* bisa dipertahankan (dibekukan) atau disesuaikan, sementara *FC Layers* dirancang ulang agar sesuai dengan label dari *dataset* baru. *Transfer learning* memungkinkan model untuk belajar lebih cepat dan efisien, terutama ketika *dataset* baru berukuran kecil, karena model sudah memiliki kemampuan awal dalam mengenali fitur umum dari data sebelumnya.

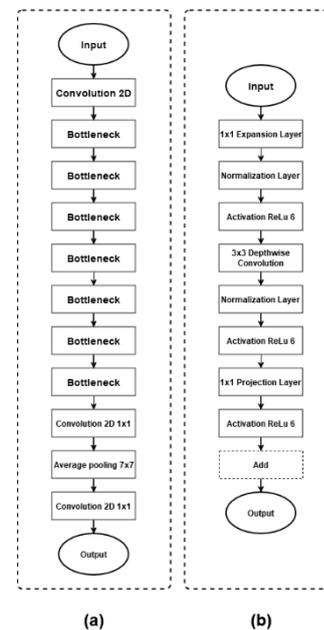
Dengan memanfaatkan teknik *transfer learning* dan *fine-tuning*, model dapat memberikan prediksi yang sangat akurat pada motif batik meskipun data pelatihan terbatas, berkat pengetahuan awal yang diperoleh dari model yang telah dilatih pada *dataset* yang lebih besar dan beragam. Teknik ini sangat efektif dalam meningkatkan kinerja model pada tugas spesifik, seperti pengenalan pola pada motif batik Yogyakarta[13].

### 2.2.6 *MobileNetV2*

*MobileNetV2* adalah model *pre-trained* yang dirancang untuk tugas *computer vision* pada perangkat dengan keterbatasan komputasi, seperti perangkat seluler dan sistem *embedded*. Dirilis pada 2018, *MobileNetV2* mengoptimalkan efisiensi dan akurasi dengan memperkenalkan beberapa perbaikan pada arsitektur versi sebelumnya[14]. Salah satu keunggulan utama dari *MobileNetV2* adalah penggunaan *Depthwise Separable Convolution* dan *Inverted Residuals with Linear Bottlenecks*, yang memungkinkan model ini mengurangi jumlah parameter dan operasi tanpa mengorbankan performa[15], sehingga sangat efektif dalam klasifikasi motif batik. Selain efisiensinya, *MobileNetV2* juga memberikan hasil yang akurat dalam mendeteksi pola-pola

yang kompleks pada citra batik, menjadikannya pilihan tepat dalam penelitian ini[5].

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 di bawah ini, bagian (a), *MobileNetV2* dimulai dengan lapisan konvolusi 2D yang bertugas untuk mengekstrak fitur dasar dari gambar *input*. Selanjutnya, serangkaian blok *bottleneck* digunakan untuk menangkap fitur lebih lanjut dengan efisiensi tinggi. Blok *bottleneck* ini terdiri dari tiga tahap: pertama, *expansion* untuk memperbesar dimensi *channel*, kemudian *depthwise convolution* untuk melakukan konvolusi secara terpisah pada setiap *channel*, dan akhirnya *projection* yang mengembalikan dimensi *channel* ke ukuran awal. Proses ini memungkinkan *MobileNetV2* untuk mengurangi jumlah parameter secara signifikan, sekaligus mempertahankan kualitas fitur yang diekstrak.



Gambar 5. Ilustrasi arsitektur *MobileNetV2*.

Pada gambar 5 bagian (b), detail dari blok *bottleneck* juga digambarkan lebih rinci. Setiap blok dimulai dengan *1x1 Expansion Layer* untuk memperbesar dimensi *channel*, diikuti oleh normalisasi dan aktivasi *ReLU6*, yang sangat berguna untuk menjaga stabilitas numerik pada perangkat dengan keterbatasan daya komputasi. Setelah itu, dilakukan *3x3 Depthwise Convolution*, yang memberikan efisiensi besar dalam mengurangi jumlah parameter. Tahap ini diakhiri dengan *1x1 Projection Layer*, yang mengembalikan dimensi *channel* ke ukuran awal. Koneksi residual ditambahkan jika dimensi *input* dan *output* sama, menjaga aliran informasi antar lapisan. Struktur *Inverted Residuals* membalikkan pendekatan residual tradisional dengan memperbesar dimensi *channel* terlebih dahulu sebelum mengembalikannya ke dimensi awal. Keberadaan aktivasi linear di akhir *bottleneck* membantu mempertahankan informasi yang penting. Keunggulan efisiensi ini menjadikan *MobileNetV2* pilihan tepat untuk pengenalan motif batik pada perangkat dengan sumber daya terbatas,

sehingga dapat memberikan performa tinggi dengan ukuran model yang ringan dan pemrosesan yang cepat.

### 2.3 Pengumpulan Data

*Dataset* yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra motif batik yang berasal dari berbagai sumber. Citra diperoleh dengan cara memotret langsung menggunakan kamera *handphone* dari beberapa lokasi, yaitu Museum Batik Keraton Yogyakarta, Museum Sonobudoyo, dan *Langitosa Studio*. Selain itu, sebagian data juga diunduh melalui platform *Kaggle* untuk melengkapi jumlah *dataset*. Secara keseluruhan, total citra yang digunakan dalam penelitian ini mencapai 3.223 gambar, mencakup lima kategori motif batik, yaitu Batik Ceplok, Batik Kawung, Batik Truntum, Batik Parang, dan Batik Ciptoning.

Proses pengumpulan data dilakukan secara bertahap untuk memastikan kualitas citra yang optimal. Untuk citra yang diambil langsung, pemotretan dilakukan dengan berbagai sudut dan pencahayaan guna menangkap detail pola batik secara jelas. Setiap gambar dipotret berulang kali untuk meminimalkan *noise* dan memastikan keseragaman kualitas citra. Sementara itu, gambar yang diunduh dari *Kaggle* dipilih secara selektif dengan mempertimbangkan kesesuaian motif dan resolusi gambar.

Batik Ceplok merupakan motif batik khas Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Motif ini terinspirasi dari komponen tanaman pepaya, yang dalam bahasa Jawa disebut "kates." Unsur utama pada motif ini adalah bentuk biji dan bunga pepaya, yang menjadi ciri khas desainnya.

Pola Batik Kawung terdiri dari bulatan-bulatan yang menyerupai buah kawung, seperti kelapa atau aren (kolangkaling), yang disusun secara geometris dan simetris[16]. Pola ini sering kali diartikan sebagai bunga lotus dengan empat kelopak yang berkembang sempurna. Dalam konteks budaya, bunga lotus melambangkan kesucian dan umur panjang.

Batik Truntum memiliki makna filosofis tentang cinta yang tumbuh dan berkembang kembali. Motif ini melambangkan cinta sejati yang tulus, abadi, dan semakin subur seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, motif Truntum kerap dikenakan oleh orang tua pengantin pada hari pernikahan sebagai simbol restu dan cinta tanpa syarat[17].

Batik Parang merupakan salah satu motif batik tertua di Indonesia. Kata "parang" berasal dari istilah Jawa "*pèrèng*," yang berarti lereng. Polanya berupa rangkaian huruf "S" yang tersusun saling berkaitan dan membentuk pola diagonal miring menyerupai lereng gunung. Desain ini mencerminkan dinamika hidup dan kekuatan yang berkelanjutan[18].

Batik Ciptoning mengandung elemen simbolis seperti gurdo, parang, dan wayang, yang melambangkan kebijaksanaan. Motif ini menggambarkan harapan agar pemakainya terlihat berwibawa, santun, dan bijak. Batik

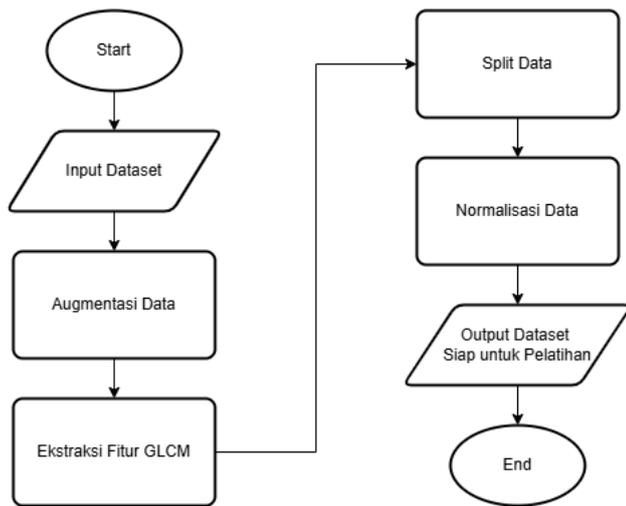
Ciptoning sering digunakan pada acara resmi karena kesan anggun dan penuh makna yang terkandung di dalamnya[17]

Tabel 1. Gambar Motif Batik

Nama Motif Batik	Motif Batik
Batik Ceplok	
Batik Kawung	
Batik Truntum	
Batik Parang	
Batik Ciptoning	

### 2.4 Preprocessing

Tahapan *preprocessing* data dalam penelitian ini dirancang untuk memastikan *dataset* batik siap digunakan secara optimal oleh model CNN.



Gambar 6. Flowchart proses Preprocessing.

Seperti yang terlihat pada *flowchart* di gambar 6 langkah pertama yang dilakukan adalah *augmentasi data*, yang bertujuan untuk memperkaya variasi *dataset* citra batik. Teknik *augmentasi* yang digunakan mencakup rotasi, pergeseran posisi, *shear*, dan *zoom*. Proses ini menghasilkan citra baru dengan variasi yang beragam tanpa mengubah label aslinya. *Augmentasi* membantu model menjadi lebih tangguh dalam mengenali pola dari berbagai variasi motif batik, sehingga meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap data baru[19][20].

Setelah proses *augmentasi* selesai, langkah berikutnya adalah ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode GLCM. Metode ini digunakan untuk mengambil informasi tekstur yang relevan dari setiap citra batik. Empat parameter utama yang dihitung melalui GLCM adalah kontras, homogenitas, energi, dan entropi. Kontras mengukur perbedaan intensitas antara piksel dengan tetangganya, yang mencerminkan tingkat ketajaman tekstur. Homogenitas menggambarkan keseragaman pola tekstur dengan melihat kedekatan distribusi nilai intensitas piksel terhadap diagonal matriks GLCM. Energi mencerminkan konsistensi pola dalam tekstur, sementara entropi menunjukkan tingkat kerandaman atau ketidakpastian dalam pola tekstur[21][4].

Data hasil ekstraksi fitur GLCM ini kemudian digabungkan dengan informasi visual dari citra asli. Selanjutnya, *dataset* dibagi menjadi *train set* dan *validation set* dengan rasio 80:20, dilakukan secara acak untuk menghindari bias akibat urutan data. Setiap piksel pada citra juga dinormalisasi dengan membagi nilai intensitasnya dengan 255, sehingga semua nilai berada dalam rentang 0 hingga 1. Proses normalisasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi komputasi dan kestabilan selama pelatihan model.

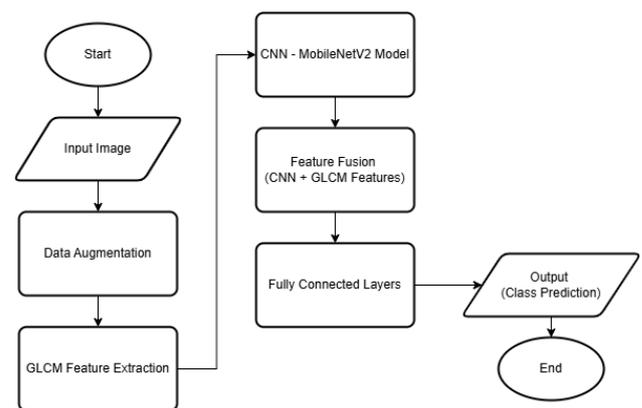
Dengan melalui serangkaian tahapan ini, *dataset* batik dipersiapkan dengan baik untuk digunakan pada tahap pelatihan model CNN. Informasi tekstur yang diperoleh melalui ekstraksi fitur GLCM digabungkan dengan pola visual citra, memungkinkan model untuk mengenali pola dan karakteristik unik dari setiap motif batik secara akurat.

## 2.5 Pembuatan Model

Dalam penelitian ini, arsitektur *MobileNetV2* yang didasarkan pada CNN diterapkan untuk klasifikasi gambar batik. Model CNN terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain lapisan konvolusi, *pooling*, dan *fully connected layer*. Lapisan konvolusi berfungsi untuk mengekstrak fitur-fitur penting dari gambar, seperti kontur, pola, dan tekstur, dengan memanfaatkan filter atau *kernel* yang diterapkan pada data masukan.

Penggunaan lapisan-lapisan ini memungkinkan model untuk mengenali karakteristik unik dari berbagai motif batik secara efektif. Setiap filter akan menghasilkan *feature map* yang merepresentasikan bagian penting dari gambar. Lapisan *pooling*, seperti *MaxPooling*, bertujuan mengurangi dimensi fitur tanpa menghilangkan informasi penting, sehingga mempercepat proses komputasi dan mengurangi risiko *overfitting*[6].

Dalam penelitian ini, alur kerja sistem pemrosesan data dirancang untuk menghasilkan *dataset* yang siap digunakan dalam pelatihan model kecerdasan buatan untuk klasifikasi motif batik. Proses dimulai dengan menerima gambar *input*, yang merupakan citra batik, sebagai data utama yang akan diproses lebih lanjut.



Gambar 7. Flowchart System.

Seperti yang diilustrasikan pada *flowchart* di gambar 7, citra tersebut kemudian melalui tahap *augmentasi* data bertujuan untuk meningkatkan keragaman *dataset* dengan menciptakan variasi pada gambar tanpa mengubah labelnya. Hal ini memperkuat kemampuan model dalam mengenali pola dari berbagai variasi motif batik selama pelatihan.

Setelah proses *augmentasi*, gambar yang telah dimodifikasi diproses untuk ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode GLCM (*Gray-Level Co-occurrence Matrix*). GLCM mengukur hubungan spasial antara piksel dalam citra dan menghasilkan empat fitur tekstur utama, yaitu kontras, homogenitas, energi, dan entropi. Fitur-fitur tekstur ini memberikan informasi penting yang menggambarkan karakteristik pola tekstur pada motif batik. Informasi tekstur ini sangat berguna untuk memperkaya representasi data gambar dalam proses pelatihan model, meningkatkan

kemampuan model dalam mengklasifikasikan motif batik berdasarkan pola visual dan tekstur yang ada pada gambar.

Citra yang telah mengalami augmentasi dan ekstraksi fitur tekstur kemudian dimasukkan ke dalam model CNN berbasis *MobileNetV2*. Arsitektur *MobileNetV2* dipilih karena efisiensinya dalam mengekstraksi fitur visual dari gambar dengan performa yang optimal, terutama untuk *dataset* yang besar dengan keterbatasan sumber daya. *MobileNetV2* akan mengenali pola-pola, bentuk, dan struktur visual pada motif batik. Fitur yang dihasilkan dari *MobileNetV2* kemudian digabungkan dengan fitur tekstur yang diperoleh dari GLCM dalam proses yang disebut *Feature Fusion*. Penggabungan kedua fitur ini bertujuan untuk memanfaatkan kelebihan dari masing-masing metode, yaitu fitur visual yang ditangkap oleh CNN dan informasi tekstur dari GLCM, sehingga menghasilkan representasi data yang lebih kaya dan mendalam.

Hasil penggabungan fitur visual dan tekstur kemudian diproses melalui *fully connected layers*, yang bertugas untuk menyusun dan merestrukturisasi fitur-fitur gabungan menjadi format yang siap untuk pelatihan model. Proses ini membantu meningkatkan akurasi model dengan mengoptimalkan representasi data. Hasil akhir sistem berupa *Output*, yang memberikan prediksi kelas berdasarkan data masukan. Sistem ini dirancang untuk menyelesaikan tugas klasifikasi dengan memanfaatkan informasi yang kaya dari fitur visual dan tekstur. Sistem ini kemudian siap untuk melatih model kecerdasan buatan dengan menggunakan data yang telah dioptimalkan, yang diharapkan dapat menghasilkan model klasifikasi motif batik dengan tingkat akurasi yang tinggi.

## 2.6 Evaluasi

Pada bagian *Classification Report*, model dievaluasi berdasarkan empat metrik utama. Pertama, *accuracy* digunakan untuk mengukur rasio antara jumlah prediksi yang benar dengan keseluruhan prediksi yang dihasilkan. Selanjutnya, *precision* mengevaluasi ketepatan dari setiap prediksi positif yang dihasilkan oleh model. *Recall* berfungsi untuk menilai sejauh mana model mampu mendeteksi kasus positif yang seharusnya dikenali. Terakhir, *F1-Score* menyajikan nilai keseimbangan antara *precision* dan *recall*.

Evaluasi model dengan menggunakan metrik seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* memungkinkan kita untuk menilai kemampuan model dalam membuat prediksi yang benar dan memahami bagaimana model menangani data dengan berbagai karakteristik. Dalam konteks klasifikasi motif batik, di mana data bisa sangat bervariasi dan tidak selalu seimbang antar kelas, penggunaan metrik yang lebih detail ini penting untuk memastikan bahwa model tidak hanya memberikan hasil yang akurat secara keseluruhan, tetapi juga dapat menangani setiap kelas dengan baik.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

*Accuracy* mengukur seberapa banyak prediksi yang benar dilakukan oleh model dibandingkan dengan total prediksi yang dihasilkan. Metrik ini memberikan gambaran umum tentang kinerja model secara keseluruhan, namun memiliki keterbatasan, terutama pada *dataset* yang tidak seimbang. Misalnya, jika satu kelas jauh lebih dominan daripada kelas lainnya, model mungkin bisa mencapai akurasi tinggi meskipun gagal mengenali kelas minoritas dengan baik. Rumus *accuracy* dihitung dengan membagi jumlah prediksi yang benar (*True Positive + True Negative*) dengan total jumlah data (*True Positive + True Negative + False Positive + False Negative*). Oleh karena itu, meskipun *accuracy* memberikan indikasi umum kinerja model, ia tidak cukup untuk menilai performa model secara menyeluruh dalam pengenalan pola yang lebih kompleks seperti motif batik.

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)}$$

*Precision* mengukur ketepatan model dalam memprediksi kelas positif. Dalam konteks klasifikasi motif batik, *precision* membantu menilai seberapa sering model memprediksi motif tertentu dengan benar, tanpa memprediksi motif lain sebagai motif yang dimaksud. *Precision* dihitung dengan membagi jumlah *True Positive* dengan total prediksi positif (*True Positive + False Positive*). *Precision* yang tinggi menunjukkan bahwa model jarang melakukan kesalahan positif (*false positive*). *Precision* sangat penting jika kesalahan positif (misalnya, salah mengklasifikasikan motif) harus dihindari, karena kesalahan tersebut dapat merugikan dalam aplikasi praktis seperti pengenalan motif batik.

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

*Recall* berfungsi untuk mengukur seberapa baik model dalam mendeteksi seluruh kasus positif, yang penting terutama dalam situasi di mana kehilangan prediksi positif (*false negative*) dapat berbahaya. *Recall* dihitung dengan membagi *True Positive* dengan total data positif sebenarnya (*True Positive + False Negative*). Sebuah model dengan *recall* tinggi mampu mengidentifikasi sebagian besar contoh positif yang ada dalam data, yang berarti lebih sedikit motif yang terlewatkan. Nilai *recall* yang tinggi berarti model berhasil menemukan sebagian besar kasus positif, yang sangat penting dalam situasi di mana mengabaikan kasus positif berbahaya, seperti deteksi penipuan atau pengenalan motif yang langka.

$$F1-Score = 2 \times \frac{(Precision \times Recall)}{(Precision + Recall)}$$

*F1-Score* menggabungkan *precision* dan *recall* menjadi satu angka yang memberikan gambaran keseimbangan antara keduanya. *F1-score* sangat berguna dalam situasi di mana data tidak seimbang, atau ketika kita perlu menyeimbangkan akurasi prediksi positif dan cakupan

positif. *F1-Score* dihitung menggunakan rumus  $2 \times ((Precision \times Recall) / (Precision + Recall))$ . Metrik ini sangat penting dalam pengklasifikasian motif batik, di mana baik presisi maupun *recall* harus diperhatikan agar model dapat mengenali dan mengklasifikasikan motif dengan akurat tanpa mengabaikan kelas minoritas.

## 2.7 Eksperimen

Pada tahap eksperimen dalam penelitian ini, desain pengujian dirancang untuk mengevaluasi performa beberapa model *transfer learning* yang digunakan dalam klasifikasi motif batik, yaitu *MobileNetV2*, *ResNet50*, dan *InceptionResNetV2*. Setiap model diuji pada *dataset* yang sama, dengan pembagian data *training* dan *validation* menggunakan rasio 80:20. Rasio ini dipilih untuk memberikan *dataset* yang cukup besar bagi model untuk belajar, sekaligus menyediakan data validasi yang representatif untuk mengukur kemampuan generalisasi model.

Proses pengujian melibatkan pelatihan model selama 100 *epoch*, dengan *optimizer Adam* yang digunakan untuk mempercepat proses pelatihan dan menyesuaikan bobot jaringan secara efisien. Fungsi aktivasi *ReLU* diterapkan pada *fully connected layers*, yang dirancang untuk mengolah fitur-fitur dari *convolutional layers* secara lebih mendalam sebelum menghasilkan prediksi akhir. Setiap model memanfaatkan fitur tekstur dari GLCM yang dikombinasikan dengan fitur CNN untuk meningkatkan akurasi klasifikasi motif batik.

*Optimizer Adam (Adaptive Moment Estimation)* dipilih dalam penelitian ini karena kemampuannya untuk menyesuaikan *learning rate* secara adaptif selama proses pelatihan. *Adam* menggabungkan keunggulan dari momentum dan *RMSProp (Root Mean Square Propagation)*, yang memanfaatkan estimasi rata-rata momentum gradien untuk mempercepat konvergensi dan estimasi kedua momen gradien untuk mengontrol kecepatan pembaruan parameter. Pendekatan ini menghasilkan optimasi yang lebih stabil, terutama pada *dataset* dengan fitur kompleks seperti motif batik, di mana gradien seringkali tidak homogen atau tidak stabil.

*Adam* telah terbukti sangat efektif dalam melatih jaringan yang dalam (*deep networks*) dan *dataset* yang besar. *Optimizer* ini menawarkan keunggulan dibandingkan metode tradisional seperti *SGD (Stochastic Gradient Descent)*, yang membutuhkan pengaturan *learning rate* secara manual untuk mencapai hasil optimal. Kecepatan konvergensi *Adam* membuatnya menjadi pilihan utama dalam banyak penelitian klasifikasi gambar. Secara default, *Adam* menggunakan *learning rate* 0.001, yang telah terbukti optimal dalam berbagai tugas klasifikasi gambar termasuk pengenalan pola dan pengolahan citra[6], [11].

Jumlah *epoch* dalam pelatihan model adalah faktor penting yang memengaruhi performa model. Dalam penelitian ini,

100 *epoch* dipilih berdasarkan eksperimen awal yang menunjukkan bahwa model mencapai konvergensi optimal pada jumlah *epoch* ini. Selama pelatihan dengan jumlah *epoch* di bawah 100, terlihat bahwa akurasi model pada data validasi terus meningkat secara signifikan. Namun, jika jumlah *epoch* melebihi 100, model mulai menunjukkan tanda-tanda *overfitting*, yaitu ketika akurasi data latih tetap meningkat tetapi performa pada data validasi *stagnan* atau bahkan menurun.

Eksperimen menunjukkan bahwa pada *epoch* ke-100, akurasi model sudah mendekati nilai maksimum, dengan *train loss* yang stabil. Setelah titik ini, peningkatan akurasi menjadi sangat kecil, sementara nilai *loss* pada data validasi cenderung tidak berubah atau sedikit meningkat. Berdasarkan grafik *training curve*, 100 *epoch* memberikan keseimbangan terbaik antara akurasi yang tinggi dan kemampuan generalisasi model.

Keputusan ini juga didukung oleh studi-studi sebelumnya menunjukkan bahwa model *transfer learning* seperti *MobileNetV2* dan *InceptionResNetV2* biasanya mencapai performa optimal dalam rentang 50 hingga 150 *epoch*, tergantung pada ukuran *dataset* dan kompleksitas model[12], [13].

*MobileNetV2*, *ResNet50*, dan *InceptionResNetV2* adalah arsitektur CNN yang dirancang untuk menangani berbagai tugas klasifikasi gambar, namun dengan perbedaan mendasar dalam desain dan cara mereka menangani kompleksitas data. Berikut adalah penjelasan perbedaan utama antara ketiganya:

*MobileNetV2* dirancang untuk efisiensi tinggi, terutama pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya seperti *smartphone* dan perangkat *embedded*. Model ini menggunakan teknik *depthwise separable convolutions* yang memisahkan operasi konvolusi pada ruang dan saluran warna, mengurangi jumlah perhitungan yang diperlukan tanpa kehilangan terlalu banyak akurasi. Fitur inovatif dari *MobileNetV2* adalah blok *inverted residual* dan *linear bottleneck* yang menjaga informasi tetap utuh dalam jaringan meski ukurannya kecil. *MobileNetV2* sangat ideal untuk aplikasi yang memerlukan pengolahan cepat, terutama pada perangkat dengan keterbatasan memori dan kecepatan[15].

*ResNet50*, bagian dari keluarga *Residual Networks*, memiliki pendekatan yang unik dalam menangani tantangan pada jaringan neural yang dalam. Dengan menggunakan *residual blocks*, *ResNet50* memungkinkan jaringan untuk menambah lapisan secara mendalam tanpa menghadapi masalah *vanishing gradient*, yang sering terjadi pada jaringan berlapis banyak. Blok *residual* ini memungkinkan *input* asli untuk diteruskan langsung ke *output* lapisan berikutnya setelah beberapa operasi non-linear. Dengan 50 lapisan, *ResNet50* menawarkan performa yang baik pada berbagai aplikasi tanpa beban memori berlebih, meski dalam hal efisiensi belum setinggi *MobileNetV2*[22].

*InceptionResNetV2* adalah gabungan dari arsitektur *Inception* dan *ResNet*, menggabungkan kekuatan *multi-scale convolutions* dari *Inception* dengan keunggulan *residual connections* dari *ResNet*. Dengan berbagai ukuran konvolusi dalam satu blok, model ini menangkap fitur dalam berbagai skala pada satu tahap konvolusi, memungkinkan identifikasi pola lebih mendetail. Meskipun ukurannya besar dan membutuhkan daya komputasi tinggi, *InceptionResNetV2* mampu memberikan akurasi yang sangat tinggi, terutama pada data yang kompleks. Model ini sering dipilih untuk aplikasi klasifikasi yang menuntut akurasi optimal tanpa batasan sumber daya yang ketat[23].

Pengujian model mencakup beberapa langkah utama. Pertama, melakukan analisis akurasi dan *loss* pada data *training* dan *validation*. Selama pelatihan, akurasi dan *loss* pada data *training* serta *validation* dipantau secara berkala. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa model tidak mengalami *overfitting* atau *underfitting*. Perbandingan antara akurasi dan *loss* pada data *training* dan *validation* membantu untuk menilai kemampuan model dalam generalisasi, yaitu sejauh mana model dapat mengklasifikasikan motif batik yang berbeda dengan akurat.

Selanjutnya, evaluasi performa pada *dataset* validasi dilakukan menggunakan metrik evaluasi utama seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Metrik-metrik ini memberikan gambaran tentang kemampuan model dalam mengenali pola dan tekstur unik dari masing-masing motif batik, yang penting untuk mengetahui seberapa baik model dalam mengklasifikasikan motif yang belum pernah dilihat sebelumnya, atau kelas yang memiliki performa lebih rendah.

Terakhir, analisis perbandingan antar model dilakukan dengan membandingkan hasil evaluasi setiap model berdasarkan rata-rata metrik untuk semua kelas. Selain itu, visualisasi *confusion matrix* digunakan untuk mengidentifikasi pola kesalahan klasifikasi, seperti motif yang sering salah diprediksi atau kelas yang memiliki performa lebih rendah.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Training Model

Pada tabel 2 di bawah ini, bertujuan untuk menyajikan perkembangan akurasi dan *loss* selama pelatihan model *MobileNetV2* pada *dataset* batik. Tabel ini berfungsi sebagai *tools* evaluasi yang menunjukkan seberapa baik model dapat belajar dan beradaptasi dengan data pelatihan serta seberapa baik kemampuan model untuk menggeneralisasi pada data yang belum pernah dilihat (*validasi*). Dengan melihat data pada berbagai *epoch* (20, 40, 60, 80, dan 100), kita dapat menganalisis sejauh mana model mengalami peningkatan kinerja dan apakah ada potensi masalah seperti *overfitting* atau *underfitting*.

**Tabel 2.** Pelatihan menggunakan *MobileNetV2*

No	Epoch	Accuracy		Loss	
		Train	Validation	Train	Validation
1	20	0.9590	0.9715	0.1238	0.0757
2	40	0.9912	0.9876	0.0281	0.0279
3	60	0.9932	0.9913	0.0184	0.0257
4	80	0.9948	0.9895	0.0108	0.0206
5	100	0.9950	0.9885	0.0097	0.0262

Secara lebih detail, akurasi pelatihan yang meningkat dari 0.9590 pada *epoch-20* menjadi 0.9950 pada *epoch* ke-100 menunjukkan bahwa model terus belajar dan meningkatkan kemampuannya dalam mengenali pola-pola batik yang ada dalam *dataset* pelatihan. Akurasi validasi yang juga meningkat dari 0.9715 menjadi 0.9885 menunjukkan bahwa model mampu menggeneralisasi dengan baik, artinya model tidak hanya menghafal pola dari data pelatihan, tetapi juga dapat mengenali pola serupa pada data yang tidak digunakan dalam pelatihan.

Di sisi lain, *loss* yang menurun selama pelatihan, terutama dari 0.1238 pada *epoch-20* menjadi 0.0097 pada *epoch* ke-100 untuk data pelatihan, dan dari 0.0757 menjadi 0.0262 untuk data validasi, memberikan indikasi bahwa model semakin efisien dalam meminimalkan kesalahan prediksi. *Loss* yang lebih rendah menunjukkan bahwa model semakin dekat dengan *output* yang benar dalam klasifikasi motif batik, meskipun ada fluktuasi pada nilai *loss* pada data validasi pada *epoch* ke-100 yang perlu dicermati.

Secara keseluruhan, Tabel 2 memberikan gambaran yang sangat berharga tentang progres pelatihan model *MobileNetV2* dan kinerjanya pada *dataset* batik. Dengan data ini, kita bisa menilai stabilitas pelatihan, mengidentifikasi potensi masalah yang terjadi seperti *overfitting* atau *underfitting*, serta memperkuat pemahaman tentang seberapa baik model ini bekerja dalam mengklasifikasikan motif batik secara akurat.

**Tabel 3.** Pelatihan menggunakan *ResNet50*

No	Epoch	accuracy		Loss	
		Train	Validation	Train	Validation
1	20	0.4083	0.4483	1.2962	1.2523
2	40	0.6910	0.7403	0.7466	0.6564
3	60	0.8386	0.8591	0.4264	0.3864
4	80	0.8826	0.8933	0.3055	0.2981
5	100	0.9105	0.9041	0.2388	0.2523

Tabel 3 menunjukkan hasil pelatihan menggunakan model *ResNet50* dalam klasifikasi motif batik dengan 100 *epoch*. Pada *epoch* pertama (20), akurasi pelatihan masih rendah, yaitu 0.4083, sedangkan akurasi validasi sedikit lebih

rendah di 0.4483. Namun, seiring berjalannya *epoch*, akurasi pelatihan meningkat secara signifikan, mencapai 0.9105 pada *epoch* 100, sedangkan akurasi validasi mencapai 0.9041. Penurunan *loss* juga terlihat dengan stabilitas yang cukup baik, meskipun lebih tinggi dibandingkan dengan *MobileNetV2*. *Loss train* dimulai di angka 1.2962 dan turun menjadi 0.2388, sedangkan *loss validation* mulai dari 1.2523 dan turun menjadi 0.2523. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun performa *ResNet50* cukup baik, *MobileNetV2* lebih unggul dalam hal efisiensi dan kecepatan konvergensi pada *dataset* ini.

Dari segi performa, *ResNet50* menunjukkan peningkatan akurasi yang cukup stabil, dengan perbedaan akurasi pelatihan dan validasi yang tidak terlalu jauh. Hal ini menunjukkan kemampuan generalisasi yang cukup baik, meskipun lebih rendah dibandingkan *MobileNetV2*. *MobileNetV2* lebih cepat mencapai akurasi tinggi, bahkan dengan *dataset* yang terbatas, berkat arsitektur yang ringan dan efisien dalam komputasi. Di sisi lain, *ResNet50* memiliki keunggulan dalam hal kemampuan model untuk menangani kompleksitas data lebih dalam, meskipun membutuhkan lebih banyak sumber daya komputasi dan memori.

Dalam perbandingan antara *MobileNetV2* dan *ResNet50*, *MobileNetV2* lebih unggul dalam hal efisiensi komputasi dan kecepatan konvergensi, yang menjadikannya lebih ideal untuk penggunaan pada perangkat dengan keterbatasan memori dan daya komputasi. *ResNet50*, meskipun lebih lambat dalam mencapai konvergensi optimal, memiliki keunggulan dalam kemampuan generalisasi, yang membuktikan bahwa model ini mampu mengenali pola motif batik dengan baik meskipun akurasi validasinya sedikit lebih rendah. Oleh karena itu, pemilihan antara kedua model ini harus mempertimbangkan kebutuhan aplikasi, seperti efisiensi waktu pelatihan dan sumber daya yang tersedia.

Secara keseluruhan, meskipun *ResNet50* memberikan performa yang baik, *MobileNetV2* memberikan hasil yang lebih efisien dalam waktu pelatihan dengan akurasi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, untuk aplikasi pengenalan motif batik yang membutuhkan efisiensi dalam komputasi dan akurasi yang tinggi, *MobileNetV2* adalah pilihan yang lebih baik. Namun, untuk aplikasi yang lebih menuntut kemampuan model untuk menangani data yang lebih kompleks dengan kedalaman jaringan yang lebih besar, *ResNet50* tetap menjadi pilihan yang solid.

**Tabel 4.** Pelatihan menggunakan *InceptionResNetV2*

No	Epoch	accuracy		Loss	
		Train	Validation	Train	Validation
1	20	0.9497	0.9631	0.1525	0.1031
2	40	0.9870	0.9845	0.0325	0.0381
3	60	0.9913	0.9842	0.0172	0.0342

No	Epoch	accuracy		Loss	
		Train	Validation	Train	Validation
4	80	0.9925	0.9863	0.0174	0.0303
5	100	0.9934	0.9891	0.0156	0.025

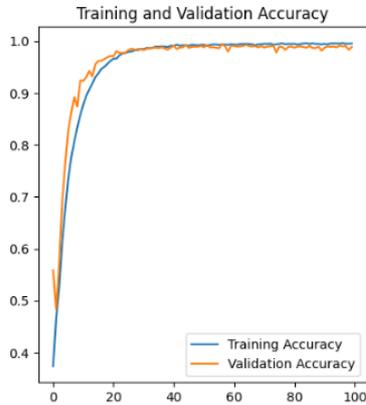
Tabel 4 menunjukkan hasil pelatihan model *InceptionResNetV2* pada *dataset* motif batik dengan 100 *epoch* pelatihan dan validasi. Pada *epoch* ke-20, akurasi pelatihan model adalah 0.9497 dan akurasi validasi 0.9631. Seiring bertambahnya *epoch*, akurasi pelatihan terus meningkat, mencapai 0.9934 pada *epoch* ke-100, sementara akurasi validasi mencapai 0.9891. Hal ini menunjukkan bahwa model *InceptionResNetV2* dapat mengenali pola motif batik dengan sangat baik. Selain itu, nilai *loss* juga menurun dari 0.1525 pada *epoch* pertama hingga 0.0156 pada *epoch* ke-100, yang menunjukkan bahwa model semakin baik dalam meminimalkan kesalahan prediksi.

Dibandingkan dengan *ResNet50*, model *InceptionResNetV2* menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal akurasi. Sebagai contoh, pada *epoch* ke-100, *InceptionResNetV2* mencapai akurasi validasi 0.9891, sedangkan *ResNet50* memiliki akurasi validasi di kisaran 0.90-0.94. Hal ini disebabkan oleh perbedaan dalam arsitektur keduanya. *InceptionResNetV2* menggabungkan kekuatan *Inception* yang menggunakan *multi-scale convolutions* dengan *ResNet* yang menggunakan *residual blocks*. Pendekatan ini memungkinkan model untuk menangkap fitur dari berbagai skala dalam satu tahap konvolusi, meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola batik yang lebih kompleks.

Sementara *InceptionResNetV2* menunjukkan akurasi yang sangat tinggi, model ini memerlukan lebih banyak daya komputasi karena ukurannya yang lebih besar dan kompleks. Di sisi lain, *MobileNetV2* yang dirancang untuk efisiensi tinggi, mampu mencapai hasil akurasi yang serupa namun dengan penggunaan sumber daya yang lebih rendah. Pada *epoch* ke-100, *MobileNetV2* mencapai akurasi validasi sekitar 0.98-0.99, yang hampir setara dengan *InceptionResNetV2*. Meskipun demikian, *MobileNetV2* memiliki keunggulan dalam hal kecepatan pelatihan dan penggunaan memori yang lebih efisien, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk aplikasi yang membutuhkan pemrosesan cepat dan penggunaan daya komputasi yang rendah.

Dalam keseluruhan perbandingan, *MobileNetV2* tampil lebih unggul dalam keseimbangan akurasi dan efisiensi, sementara *InceptionResNetV2* menunjukkan performa tinggi dengan daya komputasi yang lebih besar. *ResNet50*, meski berada di peringkat lebih rendah pada akurasi, menawarkan stabilitas yang baik dan dapat dipertimbangkan dalam kondisi *dataset* yang membutuhkan lapisan lebih dalam.

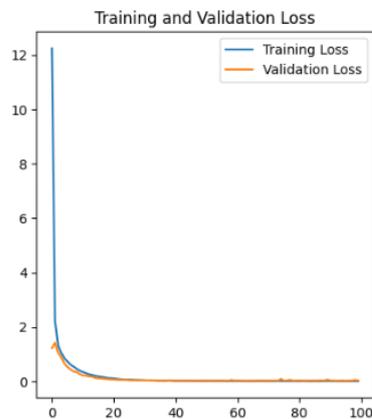
Selain itu, pengujian menggunakan metode GLCM juga dilakukan untuk mengevaluasi fitur tekstur pada citra batik. Metode ini membantu dalam menganalisis pola dan karakteristik tekstur yang ada dalam gambar, sehingga meningkatkan keandalan model dalam mengklasifikasikan berbagai jenis batik.



Gambar 8. Accuracy Train dan Validation pada MobileNetV.

Gambar 8 menunjukkan peningkatan akurasi pada data pelatihan (*training accuracy*) dan data validasi (*validation accuracy*) selama proses pelatihan model *MobileNetV2*. Pada awal pelatihan (*epoch* 0-20), akurasi training dan validasi dimulai dari nilai yang relatif rendah, sekitar 0.4 hingga 0.5. Hal ini wajar karena model berada dalam tahap awal pembelajaran, sehingga belum sepenuhnya memahami pola dalam data.

Seiring bertambahnya *epoch*, tepatnya pada periode 20 hingga 60 *epoch*, akurasi model mengalami peningkatan yang signifikan. Pada tahap ini, model menunjukkan kemampuan belajar yang baik tanpa mengalami *overfitting*, karena akurasi validasi tetap stabil dan hampir sejajar dengan akurasi pelatihan. Pada akhir pelatihan (*epoch* 60-100), akurasi *training* dan validasi mendekati nilai sempurna, yaitu 1.0. Hasil ini menunjukkan bahwa model telah belajar dengan optimal dan mampu mengenali pola dengan baik pada data validasi.



Gambar 9. Loss Train dan Validation pada MobileNetV2

Gambar 9 menggambarkan penurunan *loss* untuk data pelatihan (*training loss*) dan validasi (*validation loss*)

selama proses pelatihan. Pada awal pelatihan (*epoch* 0-20), nilai *loss* cukup tinggi, yang menunjukkan bahwa prediksi model masih memiliki banyak kesalahan. Namun, pada periode pertengahan pelatihan (*epoch* 20-60), *loss training* dan validasi mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa model secara efektif mempelajari pola data pelatihan dan mampu menerapkannya dengan baik pada data validasi.

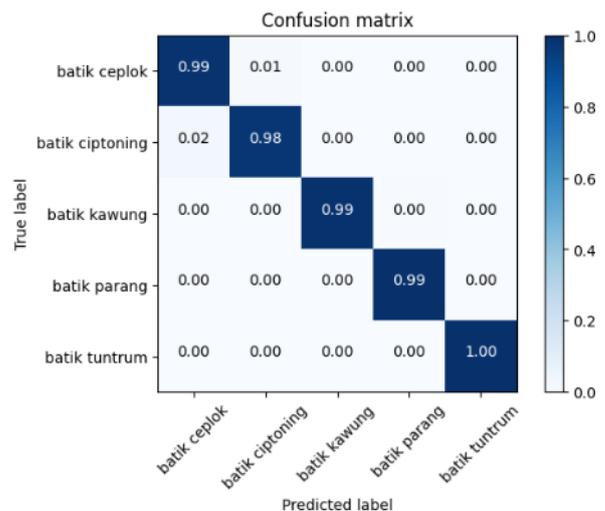
Pada akhir pelatihan (*epoch* 60-100), nilai *loss training* dan validasi mendekati nol, menunjukkan bahwa model telah berhasil mengurangi kesalahan prediksi secara drastis. Perbedaan antara *loss training* dan validasi tetap kecil, yang menjadi indikasi bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik tanpa *overfitting* terhadap data pelatihan.

### 3.2 Evaluasi Model

Berikut adalah hasil evaluasi dari tiga model *transfer learning* yaitu *MobileNetV2*, *ResNet50*, dan *InceptionResNetV2* dalam klasifikasi motif batik. Ketiga model ini digunakan untuk melihat performa dan efektivitasnya dalam mengenali pola motif batik dengan tepat, berdasarkan hasil analisis *Classification Report* dan *Confusion Matrix* untuk masing-masing model.

	precision	recall	f1-score	support
batik ceplok	0.97	0.99	0.98	694
batik ciptoning	0.99	0.98	0.98	724
batik kawung	1.00	0.99	0.99	615
batik parang	0.99	0.99	0.99	598
batik tuntrum	1.00	1.00	1.00	592
accuracy			0.99	3223
macro avg	0.99	0.99	0.99	3223
weighted avg	0.99	0.99	0.99	3223

Gambar 10. Classification Report MobileNetV2



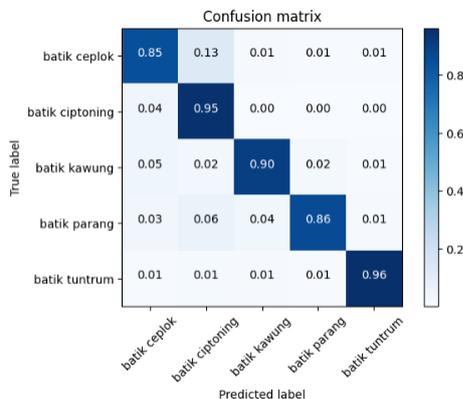
Gambar 11. Confusion Matrix MobileNetV2

Pada gambar 10, hasil evaluasi model *MobileNetV2* menunjukkan performa tinggi dengan hampir semua kelas mencapai *precision*, *recall*, dan *f1-score* mendekati 0.99.

Model ini berhasil mencapai akurasi keseluruhan sebesar 99%, yang mengindikasikan bahwa model mampu mengenali pola batik secara akurat. *Confusion Matrix MobileNetV2* di gambar 11, juga memperlihatkan bahwa sebagian besar pola batik terklasifikasi dengan benar, walaupun terdapat sedikit kesalahan klasifikasi pada motif Ciptoning yang terkadang diprediksi sebagai motif Ceplok. Meskipun demikian, performa *MobileNetV2* sangat baik, terutama dalam mempertahankan akurasi tinggi pada model yang efisien dalam hal kecepatan dan pemakaian memori.

	precision	recall	f1-score	support
batik ceplok	0.88	0.85	0.86	694
batik ciptoning	0.82	0.95	0.88	724
batik kawung	0.94	0.90	0.92	615
batik parang	0.96	0.86	0.90	598
batik tuntrum	0.97	0.96	0.96	592
accuracy			0.90	3223
macro avg	0.91	0.90	0.91	3223
weighted avg	0.91	0.90	0.90	3223

Gambar 12. Classification Report ResNet50



Gambar 13. Confusion Matrix ResNet50

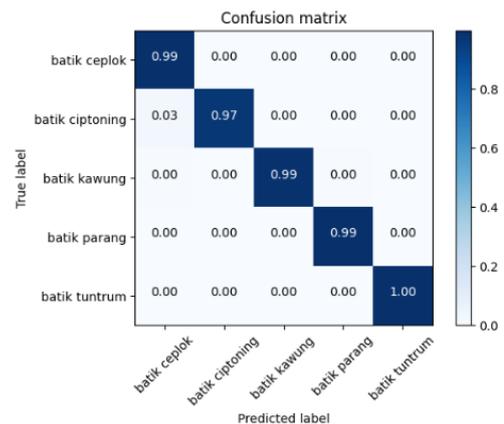
Seperti yang ada di gambar 12, evaluasi model *ResNet50* juga memberikan hasil yang cukup baik, meskipun sedikit di bawah *MobileNetV2* dalam beberapa aspek. *ResNet50* mencapai *accuracy* sebesar 90%, dengan *precision* dan *recall* rata-rata untuk masing-masing kelas 0.90. Beberapa motif, seperti Ciptoning, mengalami sedikit penurunan dalam *recall* dan *precision* dibandingkan dengan *MobileNetV2*, yang menunjukkan bahwa model ini lebih rentan terhadap kesalahan klasifikasi dalam mendeteksi beberapa pola motif.

Namun, terlihat pada gambar 13, terdapat beberapa kesalahan klasifikasi. Misalnya, motif batik Ceplok salah diklasifikasikan sebagai motif Ciptoning sekitar 13% dari kasus, dan motif batik Parang terkadang diklasifikasikan sebagai batik Kawung. Kesalahan ini menunjukkan bahwa pola tertentu memiliki kemiripan, sehingga model sesekali salah mengelompokkannya. Meski demikian, *ResNet50* mampu menangani klasifikasi yang kompleks dengan menggunakan *residual connections* yang mencegah

degradasi *accuracy* pada model yang dalam, sehingga tetap cocok untuk *dataset* yang kompleks seperti motif batik ini.

	precision	recall	f1-score	support
batik ceplok	0.97	0.99	0.98	694
batik ciptoning	1.00	0.97	0.98	724
batik kawung	0.99	0.99	0.99	615
batik parang	0.99	0.99	0.99	598
batik tuntrum	1.00	1.00	1.00	592
accuracy			0.99	3223
macro avg	0.99	0.99	0.99	3223
weighted avg	0.99	0.99	0.99	3223

Gambar 14. Classification Report InceptionResNet2



Gambar 15. Confusion Matrix InceptionResNet2

Sementara itu pada gambar 14, hasil model *InceptionResNetV2* menampilkan performa yang mirip dengan *MobileNetV2*, dengan akurasi sebesar 99% serta *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang konsisten pada setiap kelas motif batik. Model ini menunjukkan kekuatan dalam mendeteksi pola-pola yang kompleks berkat kombinasi dari *multi-scale convolutions* dalam arsitektur *Inception* dan *residual connections* dari *ResNet*. Dalam gambar 15, yang menampilkan *Confusion Matrix*, model ini menunjukkan sedikit sekali kesalahan prediksi, dengan motif Ciptoning terkadang diprediksi sebagai Ceplok, tetapi secara keseluruhan model ini menunjukkan kemampuan yang unggul untuk mengklasifikasikan pola batik dengan akurasi tinggi.

Secara keseluruhan, ketiga model menunjukkan hasil yang sangat baik dengan akurasi tinggi, namun *MobileNetV2* dan *InceptionResNetV2* memiliki kinerja yang lebih unggul dalam klasifikasi motif batik dibandingkan *ResNet50*. *MobileNetV2* juga lebih unggul dalam hal efisiensi, cocok untuk aplikasi berbasis perangkat *mobile*, sementara *InceptionResNetV2* menawarkan akurasi yang tinggi dengan kapasitas model yang besar, sehingga cocok untuk kebutuhan yang menuntut ketelitian dan sumber daya yang cukup besar.

#### 4. KESIMPULAN

Hasilnya penelitian ini berhasil mengembangkan model klasifikasi motif batik Yogyakarta menggunakan kombinasi

metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk ekstraksi fitur tekstur dan *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis *MobileNetV2* untuk klasifikasi citra. *Dataset* yang digunakan terdiri dari 3.223 gambar yang mencakup lima kategori motif batik khas Yogyakarta, yaitu Batik Ceplok, Batik Kawung, Batik Truntum, Batik Parang, dan Batik Ciptoning. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mencapai akurasi tinggi sebesar 99%, menegaskan efektivitas pendekatan ini dalam mengenali pola motif batik yang kompleks.

Dengan menggabungkan GLCM dan CNN berbasis *MobileNetV2*, penelitian ini memberikan hasil klasifikasi yang lebih optimal dalam mengenali motif batik Yogyakarta yang memiliki keanekaragaman pola tekstur yang kompleks. GLCM berperan penting dalam mengekstraksi informasi tekstur yang mendetail, sementara *MobileNetV2*, sebagai arsitektur CNN yang efisien dan ringan, memungkinkan pengenalan pola visual dengan presisi tinggi tanpa memerlukan sumber daya komputasi yang besar. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan akurasi klasifikasi dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya, tetapi juga menawarkan solusi yang efisien dan akurat untuk sistem klasifikasi motif batik. Selain itu, model ini direncanakan akan diimplementasikan ke dalam aplikasi *mobile* dengan arsitektur *client-server*, sehingga mendukung penggunaan praktis dalam mendeteksi motif batik secara otomatis di berbagai perangkat *mobile*.

Meskipun hasil yang dicapai sangat baik, penelitian ini terbatas pada ukuran *dataset* dan kompleksitas motif batik tertentu. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan perluasan *dataset* dengan menambahkan lebih banyak variasi motif dan meningkatkan keragamannya. Selain itu, eksplorasi metode augmentasi data yang lebih beragam dan pengembangan arsitektur model yang lebih canggih diperlukan untuk meningkatkan akurasi pada motif batik dengan kompleksitas yang lebih tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Nur Ramadhan, R. Aldi Erwanto, and R. Tan Enwan, "Klasifikasi Batik Menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network)," Kediri, 2024.
- [2] A. Prayoga, Maimunah, P. Sukmasetya, Muhammad Resa Arif Yudianto, and Rofi Abul Hasani, "Arsitektur Convolutional Neural Network untuk Model Klasifikasi Citra Batik Yogyakarta," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 82–89, Nov. 2023, doi: 10.52158/jacost.v4i2.486.
- [3] M. Taufik Ma'rif, ); Erwin, D. Putra, Y. Reswan, and U. Juhardi, "Klasifikasi Motif Kain Batik Besurek Menggunakan Ekstraksi Ciri Grey Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)," *JURNAL KOMITEK*, vol. 3, no. 2, pp. 229–236, 2023, doi: 10.53697/jkomitek.v3i2.
- [4] R. Widodo *et al.*, "Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Citra Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata* Blanco) untuk Klasifikasi Mutu," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [5] K. Dong, C. Zhou, Y. Ruan, and Y. Li, "MobileNetV2 Model for Image Classification," in *Proceedings - 2020 2nd International Conference on Information Technology and Computer Application, ITCA 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 476–480. doi: 10.1109/ITCA52113.2020.00106.
- [6] Y. Gulzar, "Fruit Image Classification Model Based on MobileNetV2 with Deep Transfer Learning Technique," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15031906.
- [7] Bagus Untung Saputra, Gunawan, and Wresti Andriani, "PENGENALAN MOTIF BATIK PESISIR PULAU JAWA MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK," *NUANSA INFORMATIKA*, vol. 17, no. 2, pp. 119–125, Jul. 2023, doi: 10.25134/ilkom.v17i2.32.
- [8] Fathul Am and E. I. Sela, "Klasifikasi Batik Pekalongan Berdasarkan Citra dengan Metode GLCM dan JST Backpropagation," *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi*, vol. 5, no. 1, pp. 614–621, Jan. 2024, doi: 10.35870/jimik.v5i1.532.
- [9] A. A. Kasim, R. Wardoyo, and A. Harjoko, "Feature extraction methods for batik pattern recognition: A review," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Jul. 2016. doi: 10.1063/1.4958503.
- [10] R. Widodo *et al.*, "Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Citra Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata* Blanco) untuk Klasifikasi Mutu," 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [11] N. D. Girsang, "Literature Study of Convolutional Neural Network Algorithm for Batik Classification," vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.47709/briliance.v1i1.1069.
- [12] R. Moyazzoma, M. A. A. Hossain, M. H. Anuz, and A. Sattar, "Transfer Learning Approach for Plant Leaf Disease Detection Using CNN with Pre-Trained Feature Extraction Method Mobilnetv2," in *International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques*, 2021, pp. 526–529. doi: 10.1109/ICREST51555.2021.9331214.
- [13] M. Iman, H. R. Arabnia, and K. Rasheed, "A Review of Deep Transfer Learning and Recent

- Advancements,” Apr. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/technologies11020040.
- [14] Y. Zhou, S. Chen, Y. Wang, and W. Huan, “Review of research on lightweight convolutional neural networks,” 2020.
- [15] P. K. Das, V. A. Diya, S. Meher, R. Panda, and A. Abraham, “A Systematic Review on Recent Advancements in Deep and Machine Learning Based Detection and Classification of Acute Lymphoblastic Leukemia,” 2022, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.* doi: 10.1109/ACCESS.2022.3196037.
- [16] A. Dewi, I. Christanti, F. Y. Sari, E. Pramita, and P. Matematika, “ETNOMATEMATIKA PADA BATIK KAWUNG YOGYAKARTA DALAM TRANSFORMASI GEOMETRI,” 2020.
- [17] Medina Diyah Kusumawati and Endang Ruswanti Hartowiyono, “Philosophy, Design Batik Yogyakarta, and Batik Surakarta Made in Indonesia,” *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*.
- [18] N. Regine, H. Laswandi, and S. Meliana, “DEVELOPMENT OF BATIK PATTERNS AT THE NATIONAL LIBRARY OF INDONESIA WITH THE STYLIZATION METHOD,” *International Journal of Application on Social Science and Humanities*, vol. 1, no. 1, pp. 1782–1790, 2023, doi: 10.24912/ijassh.v1i2.27925.
- [19] D. Tsalsabila Rhamadiyahanti, “Analisa Performa Convolutional Neural Network dalam Klasifikasi Citra Apel dengan Data Augmentasi,” *Media Online*), vol. 5, no. 1, pp. 154–162, 2024, doi: 10.30865/klik.v5i1.2023.
- [20] M. Toyib, T. Decky, and K. Pratama, “Penerapan Algoritma CNN Untuk Mendeteksi Tulisan Tangan Angka Romawi dengan Augmentasi Data,” *Kebumian dan Angkasa*, vol. 2, no. 3, pp. 108–120, 2024, doi: 10.62383/algorithm.v2i3.69.
- [21] F. Roberti de Siqueira, W. Robson Schwartz, and H. Pedrini, “Multi-scale gray level co-occurrence matrices for texture description,” *Neurocomputing*, vol. 120, pp. 336–345, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.neucom.2012.09.042.
- [22] M. B. Hossain, S. M. H. S. Iqbal, M. M. Islam, M. N. Akhtar, and I. H. Sarker, “Transfer learning with fine-tuned deep CNN ResNet50 model for classifying COVID-19 from chest X-ray images,” *Inform Med Unlocked*, vol. 30, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.imu.2022.100916.
- [23] T. Garg, M. Garg, O. P. Mahela, and A. R. Garg, “Convolutional Neural Networks with Transfer Learning for Recognition of COVID-19: A Comparative Study of Different Approaches,” *AI (Switzerland)*, vol. 1, no. 4, pp. 586–606, Dec. 2020, doi: 10.3390/ai1040034.



## IMPLEMENTASI METODE *CASED BASED REASONING* (CBR) DALAM SISTEM PAKAR UNTUK MENDAPATKAN DIAGNOSIS ANXIETY DISORDERS

Tar Muhammad Raja Gunung<sup>1</sup>, Siti Sahara Lubis<sup>2</sup>, Manutur Siregar<sup>3</sup>, Peter Jaya Negara Simanjuntak<sup>4</sup>, Abwabul Jinan<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Informatika, Teknologi dan Ilmu Komputer, Universitas Satya Terra Bhinneka

<sup>2</sup>Teknologi Informasi, Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Rokan Hilir  
Medan, Sumatera Utara, Indonesia 20128

tarmhdrajagung@satyaterabhinneka.ac.id, saharalubis448@gmail.com, manutursiregar@satyaterabhinneka.ac.id,  
pejayra@satyaterabhinneka.ac.id, abwabuljinan@satyaterabhinneka.ac.id

### Abstract

*This research aims to develop an expert system based on the case-based reasoning method for diagnosing anxiety disorders. Anxiety Disorder is a mental health disorder that is often experienced by the public but is often not detected correctly. The case-based reasoning method was chosen because of its ability to utilise previous cases to solve new problems that have similarities. Case-based reasoning uses four main stages: retrieval, reuse, revise, and retain. The case-based reasoning method is implemented using case data obtained from psychology clinics and interviews with mental health experts. Testing the case-based reasoning method shows a high level of accuracy in diagnosing various types of Anxiety Disorders, such as Generalised Anxiety Disorder, Panic Disorder, and Specific Phobias. The results of this study show that the case-based reasoning method can be an effective tool in helping mental health professionals diagnose Anxiety Disorders more quickly and accurately. After searching using the symptoms obtained, the percentage of each type of disease is the percentage of Generalised Anxiety Disorder 35.7%, the percentage of Panic Disorder 30.7%, and the percentage of Specific Phobias 65%.*

**Keywords:** Anxiety Disorders, CBR, Expert System, Panic Disorder, Specific Phobias

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis metode *Case Based Reasoning* dalam mendiagnosis *Anxiety Disorders*. *Anxiety Disorders* merupakan gangguan kesehatan mental yang sering dialami oleh masyarakat namun sering kali kurang terdeteksi dengan tepat. Metode *case based reasoning* dipilih karena kemampuannya untuk memanfaatkan kasus-kasus sebelumnya dalam penyelesaian masalah baru yang memiliki kemiripan. *Case based reasoning* menggunakan empat tahap utama: *retrieval*, *reuse*, *revise*, dan *retain*. Implementasi metode *case based reasoning* ini dilakukan dengan menggunakan data kasus yang diperoleh dari klinik psikologi dan wawancara dengan ahli kesehatan mental. Pengujian metode *case based reasoning* menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dalam mendiagnosis berbagai jenis *Anxiety Disorders*, seperti *Generalized Anxiety Disorder*, *Panic Disorder*, dan *Specific Phobias*. Hasil riset ini menunjukkan bahwa metode CBR dapat menjadi alat yang cocok dalam membantu profesional kesehatan mental untuk mendiagnosis *Anxiety Disorders* dengan lebih cepat dan akurat. Setelah melakukan pencarian dengan menggunakan gejala-gejala yang didapatkan, maka kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan persentase dari setiap jenis penyakit yaitu persentase untuk *Generalized Anxiety Disorder* 35,7% , persentase *Panic Disorder* 30,7% , persentase *Specific Phobias* 65%.

**Kata Kunci:** Anxiety Disorder, CBR, Panic Disorder, Sistem Pakar, Specific Phobias

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi dan ilmu pengetahuan yang semakin berkembang pesat telah menginspirasi manusia untuk menciptakan sesuatu yang baru. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan teknologi komputer. Komputer yang awalnya hanya digunakan untuk mengolah data dan

melakukan perhitungan. Sekarang dapat digunakan sebagai solusi permasalahan *input*, misalnya sebagai sistem pakar[1], [2]. Sistem pakar dapat menciptakan interaksi positif antara pengguna dan sistem, baik dari sistem penyampaian informasi maupun sistem,

pengembangan metode yang efektif, hingga tingkat kepuasan pengguna yang ingin dicapai.

Kesehatan mental adalah keadaan sejahtera yang memungkinkan seseorang untuk memenuhi potensinya, mengatasi tekanan kehidupan sehari-hari, bekerja secara produktif, dan berkontribusi pada komunitasnya[3], [4]. Ini mencakup berbagai aspek, mulai dari kesejahteraan emosional, psikologis, hingga sosial, yang semuanya berperan penting dalam cara kita berpikir, merasakan, dan berperilaku sehari-hari. Gangguan kesehatan mental, seperti depresi, kecemasan, dan *skizofrenia*, dapat mempengaruhi kemampuan seseorang untuk berfungsi secara normal dan menikmati hidup. Oleh karena itu, menjaga kesehatan mental sama pentingnya dengan menjaga kesehatan fisik, dan membutuhkan perhatian serta dukungan dari individu, keluarga, dan komunitas.

Masalah kesehatan mental menjadi semakin penting dan menjadi tren karena meningkatnya kesadaran akan dampak kesehatan mental terhadap kualitas hidup. Banyak perusahaan dan asuransi kesehatan kini mulai menawarkan dukungan lebih terhadap konseling psikologis dan perawatan kesehatan mental. Namun, akses dan cakupan masih perlu ditingkatkan untuk mengakomodasi kebutuhan yang semakin besar. Dalam penyakit kesehatan mental itu ada beberapa pembagian diantaranya adalah gangguan kecemasan (*Anxiety Disorders*).

Penyakit gangguan kecemasan (*Anxiety Disorders*) itu sendiri memiliki beberapa jenis yaitu *Generalized Anxiety Disorder*, *Panic Disorder*, dan *Specific Phobias*[5], [6]. Ketiga jenis penyakit ini merupakan paling banyak sekali di alami oleh orang-orang pada jaman sekarang ini. Penyebab umumnya kenapa banyak sekali terdiagnosis penyakit ini dikarenakan mental orang dulu dengan orang sekarang itu sangat jauh sekali perbedaannya. Apalagi yang disebut dengan anak Gen Z yang menurut penelitian sebagian besar dari mereka memiliki mental sangat tipis sekali.

Penelitian ini lebih ke pengembangan sistem pakar untuk mendiagnosis *Anxiety Disorders* menggunakan metode *Case Based Reasoning*. Diharapkan para profesional kesehatan mental dapat memperoleh alat bantu yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam mendiagnosis dan merawat pasien dengan gangguan kecemasan. Melalui implementasi metode *Case Based Reasoning*, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi nyata dalam bidang kesehatan mental dengan menyediakan solusi teknologi yang *inovatif* dan bermanfaat.

Beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik ini antara lain: Zahra dan kawan-kawan tahun 2020 dalam penelitian berjudul “Sistem Pakar Diagnosis Gangguan Kecemasan Generatif dengan Menggunakan Algoritma *Case Based Reasoning* Berbasis *Web*”.

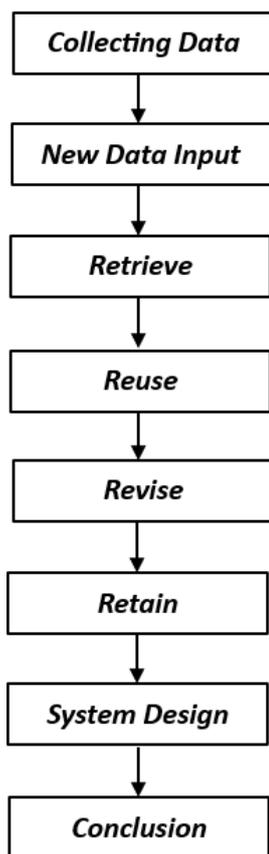
Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis *web* untuk mendiagnosis gangguan kecemasan dengan menggunakan algoritma CBR generatif. Sistem ini dilatih dengan menggunakan data dari 100 pasien gangguan kecemasan dan memiliki tingkat akurasi sebesar 92%[7]. Penelitian lainnya Wahyuni dan kawan-kawan tahun 2021 dalam penelitian berjudul “Implementasi Sistem Pakar Diagnosis Gangguan Kecemasan Berbasis Android Menggunakan Algoritma *K-Nearest Neighbors*”. Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis Android untuk mendiagnosis gangguan kecemasan dengan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN). Sistem ini dilatih dengan menggunakan data dari 80 pasien gangguan kecemasan dan memiliki tingkat akurasi sebesar 88%[8]. Penelitian lainnya Brilliant dan kawan-kawan tahun 2022 dalam penelitian berjudul “Pengembangan Sistem Pakar Diagnosis Gangguan Kecemasan Berbasis *Website* Menggunakan Metode *Case Based Reasoning* dan *Fuzzy Inference System*”. Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis *web* untuk mendiagnosis gangguan kecemasan dengan menggunakan kombinasi metode CBR dan *Fuzzy Inference System* (FIS). Sistem ini dilatih dengan menggunakan data dari 150 pasien gangguan kecemasan dan memiliki tingkat akurasi sebesar 95%[9]. Penelitian lainnya Zahra dan kawan-kawan tahun 2024 dalam penelitian berjudul “Sistem Pakar Diagnosis Gangguan Kecemasan Generatif dengan Menggunakan *Deep Learning*”. Penelitian ini sedang dalam pengembangan dan bertujuan untuk membangun sistem pakar berbasis *Deep Learning* untuk mendiagnosis gangguan kecemasan. Sistem ini diharapkan dapat memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dan dapat menangani kasus-kasus yang lebih kompleks[10].

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan sistem pakar untuk mendiagnosis gangguan kecemasan menggunakan penalaran berbasis kasus. Metode *Case Based Reasoning* menggunakan pengalaman sebelumnya untuk memandu proses pemecahan masalah. Metode ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sistem berbasis aturan yaitu pengetahuannya terletak pada pembentukan pengalaman atau kasus sebelumnya. Metode ini memungkinkan Anda melakukan inferensi meskipun datanya tidak lengkap.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan mulai dari pengumpulan data, penginputan data baru, *retrieve*, *revise*, *retain* dan kesimpulan. Berdasarkan semua tahapan tersebut dapat digambarkan tahapan proses diagnosa penyakit *Anxiety Disorders* dengan menggunakan metode *Case Based Reasoning* pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Proses Penelitian

### 2.1.1 Sistem Pakar

Sistem pakar secara umum adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke dalam komputer, sehingga komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang dilakukan oleh para ahli[7], [8]. Sistem pakar tetap tidak akan bisa menggantikan seorang pakar di dalam kepakarannya, sistem pakar hanya sebagai peran pembantu sebelum konsultasi[11], [12].

### 2.1.2 Case Based Reasoning

Penalaran berbasis kasus *Case Based Reasoning* menggunakan pendekatan kecerdasan buatan yang menekankan pada pemecahan masalah berdasarkan pengetahuan dari kasus-kasus sebelumnya[13], [14]. Berikut ini adalah rumus dari metode *case based reasoning* untuk mengasumsikan kepastian seorang pakar terhadap suatu.

$$\text{Similarity} = \frac{s1 * w1 + s2 * w2 + \dots sn * wn}{w1 + w2 + \dots wn}$$

Metode *case based reasoning* dalam hal pencarian kesimpulan memiliki beberapa tahapan di dalam algoritmanya. Tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Tahapan *Retrieve*

Tahapan *retrieval* adalah proses pencarian kemiripan antara kasus baru dengan kasus yang sudah ada di dalam basis pengetahuan. Pencarian kemiripan dilakukan dengan mencocokkan gejala yang diinputkan oleh pengguna dengan gejala yang ada di dalam basis pengetahuan[15].

#### b. Tahapan *Reuse*

Tahap ini sistem mencari dan mengambil kasus yang paling mirip dengan masalah yang sedang dihadapi dari basis data kasus[16], [17]. Tahap *reuse* menggunakan kembali masalah atau kasus untuk mencoba menyelesaikan masalah atau kasus tersebut dan sistem akan melakukan penyesuaian terhadap kondisi kasus atau kasus-kasus yang lama pada tahap *Retrieve* dengan kondisi yang ada saat ini.

#### c. Tahapan Revisi

Tahapan ini dilakukan untuk meninjau kembali solusi yang diusulkan dan kemudian mengujinya pada kasus nyata (simulasi) dan perlu dilakukan revisi terhadap solusi tersebut agar sesuai dengan kasus yang baru [14]. Setelah solusi diterapkan, ada kemungkinan solusi tersebut perlu disesuaikan lebih lanjut atau dikoreksi berdasarkan hasil yang diperoleh. Tahap ini melibatkan evaluasi dan modifikasi solusi untuk memastikan bahwa solusi tersebut benar-benar efektif.

#### d. Tahapan *Retain*

Tahapan *retain* mengintegrasikan kasus-kasus baru sehingga dapat digunakan sebagai pedoman untuk pembaruan dalam basis pengetahuan[15]. Menyimpan pengalaman baru ke dalam basis data kasus sehingga dapat digunakan untuk masalah serupa di masa mendatang[16]. Proses ini melibatkan penyimpanan solusi yang telah berhasil dan pelajaran yang diperoleh dari masalah baru[17], [18].

### 2.1.3 Gangguan Kecemasan (*Anxiety Disorders*)

Kelompok kondisi mental yang ditandai dengan rasa cemas yang berlebihan dan terus-menerus, yang dapat mengganggu kemampuan seseorang untuk menjalani kehidupan sehari-hari secara normal. Gangguan ini berbeda dari kecemasan normal yang dialami oleh setiap orang sebagai respons terhadap situasi stres atau menantang, karena kecemasan dalam gangguan ini sering kali tidak proporsional dengan situasinya dan bisa muncul tanpa adanya ancaman nyata[19], [20]. Dalam penyakit *Anxiety Disorders* memiliki 3 jenis penyakit yaitu :

#### a. Gangguan Kecemasan Umum (*Generalized Anxiety Disorder*)

*Generalized Anxiety Disorder* adalah kondisi kesehatan mental yang ditandai oleh kecemasan yang berlebihan dan kronis tentang berbagai aspek kehidupan sehari-hari.

Gejala *Generalized Anxiety Disorder* bisa bervariasi dari satu individu ke individu lainnya, tetapi ada beberapa tanda dan gejala umum yang sering terlihat[21].

#### b. Gangguan Panik (*Panic Disorder*)

*Panic Disorder* adalah kondisi kesehatan mental yang ditandai dengan serangan panik mendadak yang berulang, juga dikenal sebagai serangan panik. Serangan ini sering disertai dengan gejala fisik yang kuat dan perasaan takut atau ketidaknyamanan yang intens, yang dapat terjadi kapan saja dan sering tanpa peringatan[22], [23].

#### c. Fobia Spesifik (*Specific Phobias*)

*Specific Phobias* adalah ketakutan irasional dan berlebihan terhadap objek atau situasi tertentu. Ketakutan ini dapat sangat kuat sehingga dapat mengganggu kehidupan sehari-hari. bentuk gangguan kecemasan yang ditandai oleh ketakutan yang intens, irasional, dan terus-menerus terhadap objek, situasi, atau aktivitas tertentu yang sebenarnya tidak menimbulkan ancaman signifikan[24], [25]. Ketakutan ini sangat tidak proporsional dengan bahaya nyata yang mungkin ditimbulkan oleh objek atau situasi tersebut, dan sering kali memicu respons kecemasan yang ekstrem bahkan hanya dengan memikirkan atau melihat hal yang ditakuti[26].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan mulai dari pengumpulan data, penginputan data baru, *retrieve*, *revise*, *retain* dan kesimpulan. Dari semua tahapan tersebut dapat digambarkan tahapan proses diagnosa penyakit *Anxiety Disorders* dengan menggunakan metode *Case Based Reasoning*.

#### a. Pengumpulan Data

Dalam penelitian yang dilakukan, terdapat data mengenai penjelasan bagaimana penyakit ini terjadi dan semua gejala yang berhubungan dengan penyakit *Anxiety Disorders*. Berikut jenis penyakit yang didapatkan dibuat dalam bentuk Tabel 1:

**Tabel 1.** Data Penyakit *Anxiety Disorders*

Kode Penyakit	Nama Penyakit
P1	<i>Generalized Anxiety Disorder</i>
P2	<i>Panic Disorder</i>
P3	<i>Specific Phobias</i>

Berdasarkan data yang diperoleh, didapatkan 3 jenis penyakit *Anxiety Disorders*, kemudian gejala penyakit dan relasi dari semua gejala dengan penyakit dapat ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini:

**Tabel 2.** Data Gejala Penyakit *Anxiety Disorders*

Kode	Nama Gejala	Penyakit			Bobot
		P1	P2	P3	
G01	Nyeri otot	*			1
G02	Kesulitan tidur	*			2
G03	Mudah merasakan lelah	*			1
G04	Mual	*	*	*	1
G05	Sakit kepala	*	*	*	1
G06	Kecemasan berlebih	*	*		1
G07	Merasa gelisah	*		*	1
G08	Sulit berkonsentrasi	*			2
G09	Kewaspadaan yang berlebih	*			1
G10	Mudah marah	*			1
G11	Kebutuhan untuk kontrol	*			2
G12	Jantung berdebar-debar		*		2
G13	Keringat berlebih		*		2
G14	Gemetar tidak terkendali		*	*	1
G15	Sesak napas		*	*	1
G16	Nyeri dada		*		1
G17	Kesemutan		*		1
G18	Menggigil		*		2
G19	Merasa kehilangan kendali		*		2
G20	menghindari tempat atau situasi tertentu di mana serangan sebelumnya terjadi		*		4
G21	menghindari situasi yang diasosiasikan dengan serangan panik		*		4
G22	menghindari tempat ramai		*		3
G23	Ketakutan intens			*	3
G24	Sensasi tersentak			*	3
G25	Kehilangan kekuatan otot			*	2
G26	Mengambil langkah-langkah besar untuk menghindari objek atau situasi yang ditakuti			*	4
G27	Menggunakan berbagai cara untuk mencoba merasa aman			*	3

Berdasarkan semua penyakit akan selalu ada gejala-gejalanya dari penyakit dan mempunyai penilaian terhadap bobotnya. Penilaian terhadap bobotnya dikategorikan menjadi tiga kategori:

- Gejala dengan nilai bobot 1 diklasifikasi sebagai gejala ringan.
- Gejala dengan nilai bobot 2 diklasifikasi sebagai gejala sedang.
- Gejala dengan nilai bobot 3 diklasifikasi sebagai gejala yang parah.
- Gejala dengan nilai bobot 4 diklasifikasi sebagai gejala sangat parah.

#### b. Penginputan *Case* Baru

Dalam riset ini Penguji menjalankan pengujian pada permasalahan baru. Permasalahan baru diidentifikasi berdasarkan gelagat yang dialami pengguna saat itu, dan

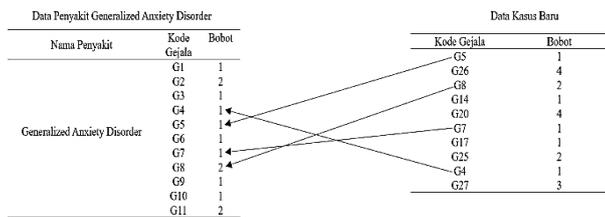
jenis gangguan kecemasan dapat ditentukan. Kasus-kasus baru yang didapat ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Data Permasalahan Baru

No	Kode Gejala	Nama Gejala Yang Dirasakan
1	G05	Sakit kepala
2	G26	Mengambil langkah-langkah besar untuk menghindari objek atau situasi yang ditakuti
3	G08	Sulit berkonsentrasi
4	G14	Gemetar tidak terkendali
5	G20	menghindari tempat atau situasi tertentu di mana serangan sebelumnya terjadi
6	G07	Merasa gelisah
7	G17	Kesemutan
8	G25	Kehilangan kekuatan otot
9	G04	Mual
10	G27	Menggunakan berbagai cara untuk mencoba merasa aman

**c. Tahapan Retrieve**

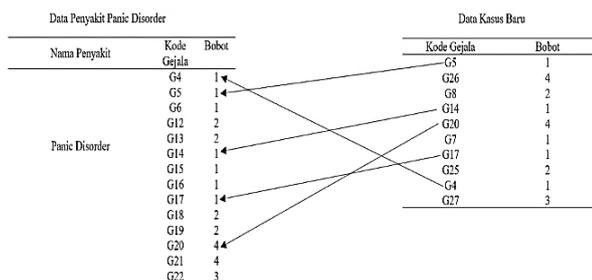
Fase *retrieve* melibatkan pendeteksian masalah dan mencarinya di permasalahan sebelumnya. Pencarian permasalahan dilanjutkan untuk setiap jenis penyakit. Untuk mengetahui permasalahan gangguan kecemasan umum pada kasus baru, hubungannya dapat ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 2.** Proses Similaritas Kasus Baru dengan gejala *Generalized Anxiety Disorders*

Fase *retrieve* melibatkan pendeteksian masalah dan mencarinya di permasalahan sebelumnya. Melakukan pendeteksian masalah berdasarkan penyakit untuk gambar di atas dilakukan pada penyakit *Generalized Anxiety Disorders*. Untuk menemukan masalah penyakit *Anxiety Disorders* pada kasus baru yang didapatkan.

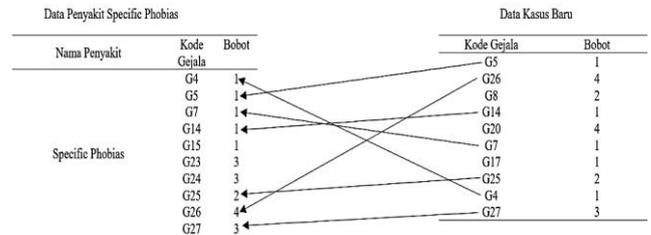
Selanjutnya tahapan untuk menemukan masalah penyakit *Panic Disorder* pada *case* yang baru, relasinya dapat ditunjukkan pada gambar tiga berikut:



**Gambar 3.** Similaritas Kasus Baru dengan gejala *Panic Disorder*

Fase *retrieve* melibatkan pendeteksian masalah dan mencarinya di permasalahan sebelumnya. Melakukan pendeteksian masalah berdasarkan penyakit semua penyakit untuk gambar di atas dilakukan pada penyakit *Panic Disorder*. Untuk menemukan masalah penyakit *Panic Disorder* pada kasus baru yang didapatkan.

Selanjutnya tahapan untuk menemukan masalah penyakit *Specific Phobias* pada *case* yang baru, relasinya dapat ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



**Gambar 4.** Proses Similaritas Kasus Baru dengan gejala Penyakit *Specific Phobias*

Pada tahap ini dilakukan proses deteksi masalah dan pencarian masalah pada *database*. Melakukan pencarian masalah berdasarkan penyakit untuk gambar di atas dilakukan pada penyakit *Specific Phobias*. Untuk menemukan masalah penyakit *Specific Phobias* pada *case* yang baru.

**d. Tahapan Reuse**

Tahap ini dilakukan verifikasi hasil pengolahan kemiripan. Operasi pencarian kesamaan ini dapat dilakukan sebagai berikut:

**1) Perhitungan Kemiripan Penyakit *Generalized Anxiety Disorders***

Hubungan antara kasus lama dan baru pada tahap pencarian menunjukkan empat gejala serupa, dan hubungan ini menghasilkan kesamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Similarity} &= \frac{s1 * w1 + s2 * w2 + .. sn * wn}{w1 + w2 + .. wn} \\
 &= \frac{0*1+0*2+0*1+1*1+1*1+0*1+1*1+1*2+0*1+0*1+0*2}{1+2+1+1+1+1+1+2+1+1+2} \\
 &= \frac{5}{14} \\
 &= 0,357 \\
 &= 35,7\%
 \end{aligned}$$

**2) Perhitungan Kemiripan Penyakit *Panic Disorder***

Hubungan antara kasus lama dan baru pada tahap pencarian mengungkapkan 5 gejala serupa, dan persamaan berikut muncul dari hubungan tersebut:

$$\text{Similarity} = \frac{s1 * w1 + s2 * w2 + .. sn * wn}{w1 + w2 + .. wn}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1*1+1*1+0*2+0*2+1*1+0*1+0*1+1*1+0*2+0*2+1*4+0*4+0*3}{1+1+1+2+2+1+1+1+1+2+2+4+4+3} \\
&= \frac{8}{26} \\
&= 0,307 \\
&= 30,7\%
\end{aligned}$$

### 3) Perhitungan Kemiripan Penyakit *Specific Phobias*

Hubungan antara kasus lama dan baru pada tahap pencarian mengungkapkan 7 gejala serupa, dan persamaan berikut muncul dari hubungan tersebut:

$$\begin{aligned}
\text{Similarity} &= \frac{s_1 * w_1 + s_2 * w_2 + \dots + s_n * w_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \\
&= \frac{1*1+1*1+1*1+1*1+0*1+0*3+0*3+1*2+1*4+1*3}{1+1+1+1+1+3+3+2+4+3} \\
&= \frac{13}{20} \\
&= 0,65 \\
&= 65\%
\end{aligned}$$

#### e. Tahapan *Revise*

Tahap ini dilakukan verifikasi hasil pengolahan kemiripan. Setelah menghitung tingkat kesamaan untuk setiap jenis *Anxiety Disorders*, kami menemukan bahwa *fobia spesifik* memiliki tingkat kesamaan tertinggi yaitu 65%, *Generalized Anxiety Disorders* memiliki nilai similaritas terendah dengan nilai sebesar 30.7%. Dapat ditarik kesimpulan, bahwa pasien menderita penyakit *Specific Phobias* dengan nilai similaritas sebesar 65%.

#### f. Tahapan *Retain*

Tahap ini, permasalahan-permasalahan baru yang telah diuji dengan masing-masing jenis penyakit *Anxiety Disorders* dapat dimasukkan ke dalam *database*. Hal ini agar ketika mencari kasus baru dan lampau, permasalahan tersebut dapat digunakan untuk dilakukan perbandingan dengan permasalahan yang akan datang.

## 4. KESIMPULAN

Riset yang sudah selesai digarap, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *CBR* yang dapat diartikan metode yang dapat di kategorikan *Artificial Intelegency* yaitu sistem pakar yang menekankan pada pemecahan masalah berdasarkan pengetahuan dari kasus-kasus sebelumnya. Metode *case based reasoning* ini sangat cocok digunakan untuk mendiagnosis *Anxiety Disorders*, karena metode *case based reasoning* mengambil keputusan dari kasus sebelumnya sebagai acuan untuk mendapatkan diagnosa kasus baru. Setelah mendapatkan diagnosa diharapkan *user* melakukan konsultasi lagi kepada dokter untuk mendapatkan diagnosa pasti karena sistem pakar dibuat hanya untuk konsultasi awal, dimana sistem pakar tidak dapat mengganti kepakaran dari

seorang dokter. Setelah mendapat kasus baru dengan menentukan gejala-gejala baru dari pasien, maka akan dilakukan algoritma pencarian *case based reasoning* untuk mendapatkan diagnosa atau hasil. Hasil penelitian yang dilakukan dari kasus baru 3 jenis penyakit *Anxiety Disorders* yaitu *Generalized Anxiety Disorders*, *Panic Disorder* dan *Specific Phobias*. Gejala-gejala dari setiap jenis penyakit *Anxiety Disorder* yaitu penyakit *Generalized Anxiety Disorders* memiliki 11 gejala. Penyakit *Panic Disorder* memiliki 14 gejala dan Penyakit *Specific Phobias* memiliki 10 gejala. Menghasilkan persentase dari masing-masing jenis penyakit. Persentase tertinggi terdapat pada penyakit *Specific Phobias* sebesar 65%, *Generalized Anxiety Disorders* sebesar 35,7%, dan *Panic Disorder* sebesar 30,7%. Berdasarkan hasil tersebut dapat kita simpulkan bahwa diagnosis yang mendekati adalah penyakit *Specific Phobias*.

## REFERENCES

- [1] T. Gunung, A. Idaman, R. M. Suri, N. Purnomo, and A. Muis, "Identification of Nervosa Disease using Case-Based Reasoning," vol. 6, no. 1, pp. 128–134, 2024.
- [2] I. A. Huda, "Perkembangan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (Tik) Terhadap Kualitas Pembelajaran Di Sekolah Dasar," *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 2, no. 1, pp. 121–125, 2020, doi: 10.31004/jpdk.v1i2.622.
- [3] T. Handayani, D. Ayubi, and D. Anshari, "Literasi Kesehatan Mental Orang Dewasa dan Penggunaan Pelayanan Kesehatan Mental," *Perilaku dan Promosi Kesehat. Indones. J. Heal. Promot. Behav.*, vol. 2, no. 1, p. 9, 2020, doi: 10.47034/ppk.v2i1.3905.
- [4] Y. A. Rozali, N. W. Sitasari, and A. Lenggogeni, "Meningkatkan Kesehatan Mental Di Masa Pandemic," *J. Pengabd. Masy. AbdiMas*, vol. 7, no. 2, 2021, doi: 10.47007/abd.v7i2.3958.
- [5] W. Hunafa, "Sistem Pakar Diagnosa Gangguan Infeksi Penyakit tropis menggunakan Metode Certainty Factor," vol. 02, no. 02, pp. 100–103, 2013.
- [6] F. Febriyana, "Analisis Studi Kasus Klien Dengan Gangguan Kecemasan (Anxiety Disorder)," *J. Perspekt.*, vol. 2, no. 2, pp. 149–154, 2022.
- [7] M. Christina, F. Dristyan, and S. Informasi, "Tanaman Kelapa Menggunakan Metode Backward," vol. 1, no. 1, 2021.
- [8] P. S. Alam and A. Wantoro, "Sistem Pakar Pemilihan Sampo Pria Dengan Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 4, pp. 21–27, 2022, [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/JTSI>
- [9] P. A. Suherman and F. Tahel, "Metode Case-Based Reasoning Dalam Diagnosa Penyakit

- Stunting Pada Balita,” *Inf. Syst. Data Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 90–97, 2023, doi: 10.59840/inseds.v2i1.195.
- [10] D. Dona, H. Maradona, and M. Masdewi, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Jantung Dengan Metode Case Based Reasoning (Cbr),” *Zo. J. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.31849/zn.v3i1.6442.
- [11] S. A. Rahman, “Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi Sistem Pakar Menggunakan Metode Case Based Reasoning dalam Akurasi Penyakit Disebabkan oleh Bakteri Staphylococcus Aureus,” vol. 3, pp. 7–10, 2021, doi: 10.37034/jsisfotek.v3i1.38.
- [12] Yusmawati & Sanusi, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Padi Menggunakan Metode Case Based Reasoning (Cbr) Berbasis Website,” *J. Real Ris. /*, vol. 3, no. 2, p. 187, 2021.
- [13] R. A. Yansyar and L. Elfianty, “Penerapan Metode Case Based Reasoning Dalam Klasifikasi Kepribadian Siswa Di Smp Negeri 27 Seluma,” *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 1, pp. 321–330, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [14] N. Oktober, R. Stefani, and S. Kom, “Jurnal Riset Rumpun Ilmu Hewani (JURRIH) Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Ikan Koi,” vol. 1, no. 2, pp. 16–30, 2022.
- [15] M. Mustaqim, G. Ramadhan, and A. Iskandar, “KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Perbandingan Metode Certainty Factor dan Case Based Reasoning Dalam Mendeteksi Penyakit Arteritis Takayasu,” *Media Online*, vol. 4, no. 4, pp. 2188–2196, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i4.1735.
- [16] T. Gunung, R. Muhammad, S. S. Harahap, I. Komputer, U. Satya, and T. Bhinneka, “Identifikasi dalam Sistem Keputusan Terhadap Tingkat Kecanduan Pemain Game Mobile Legends Menggunakan Metode Simple Additive Weighting Metode Simple Additive Weighting memiliki kemampuan untuk menentukan secara akurat alternatif disemua masalah seleksi ya,” vol. 5, no. 3, pp. 475–489, 2024, doi: 10.46576/djtechno.
- [17] C. U. Aji, Wasito Galih, “Jurnal Teknologi Terpadu LEARNING,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 8, no. 1, pp. 89–94, 2022.
- [18] M. Rijal, A. M. Yani, and A. Rahman, “Deteksi Citra Daun untuk Klasifikasi Penyakit Padi menggunakan Pendekatan Deep Learning dengan Model CNN,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 56–62, 2024, doi: 10.54914/jtt.v10i1.1224.
- [19] A. Jalaluddin, E. R. Arumi, D. Sasongko, S. S. Pinilih, U. Yudatama, and M. R. Arif Yudianto, “Implementasi Metode Dempster-Shafer Untuk Deteksi Kesehatan Mental Pada Mahasiswa Berbasis Web,” *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 5, no. 2, pp. 416–429, 2024, doi: 10.47065/josyc.v5i2.4830.
- [20] A. Dame, F. Rayasari, Besral, D. Irawati, and D. Kurniasih, “Faktor Yang Berhubungan Dengan Tingkat Kecemasan Pasien Penyakit Ginjal Kronik Yang Menjalani Hemodialisis,” *J. Keperawatan*, vol. 14, no. September, pp. 831–844, 2022.
- [21] E. R. Gae, M. Novalina, and A. Koswanto, “Peran Religiusitas Dalam Proses Penyembuhan Penderita Gangguan Kecemasan Umum Atau Generalized Anxiety Disorder (Gad),” *Vox Dei J. Teol. dan Pastor.*, vol. 4, no. 1, pp. 71–80, 2023, doi: 10.46408/vxd.v4i1.384.
- [22] D. K. Kurniawan, N. E. I. Mu’arifah, and A. R. Ma’shum, “Analisis Eskalasi Panic Attack And Anxiety Disorder terhadap Kesehatan Mental Remaja,” *Busyro J. Dakwah dan Komun. Islam*, vol. 3, no. 2, pp. 89–98, 2022, doi: 10.55352/kpi.v3i2.619.
- [23] F. S. Undang-undang, A. A. Halim, and P. Penyelidik, “1035- penggunaan ganja dalam perubatan di malaysia: isu dan cabaran,” vol. 2023, no. November, pp. 227–236, 2023.
- [24] N. D. Indrawati and D. V. S. Kaloeti, “Pengaruh Pelatihan Self-Compassion Secara Daring Untuk Meningkatkan Penerimaan Diri Pada Mahasiswa Dengan Fobia Spesifik Ringan,” *J. EMPATI*, vol. 11, no. 3, pp. 192–198, 2022, doi: 10.14710/empati.2022.34470.
- [25] P. Sari, A. Mujib, and Y. Rahmatulloh, “Nomophobia: Phenomena and Therapy (Analysis in Psychology and Islamic Perspectives),” 2021, doi: 10.4108/eai.20-10-2020.2305159.
- [26] R. C. Mengga and Y. P. Hermanto, “Konseling Pastoral dalam Meningkatkan Kesejahteraan Psikologis Jemaat Milenial Penderita Anxiety Disorders,” *KHARISMATA J. Teol. Pantekosta*, vol. 6, no. 2, pp. 222–241, 2024, doi: 10.47167/kharis.v6i2.231.

**Jurnal Teknologi Terpadu**  
**Volume. 10 No. 2, Desember 2024**

Daftar Isi

<b>Pengembangan Aplikasi <i>Game</i> Pengenalan Jenis-jenis Virus Berbasis RPG</b>	<b>77</b>
Dwifa Yuda Pradana, Anik Vega Vitianingsih, Dwi Cahyono, Anggit Wikaningrum, Seftin Fitri Ana Wati	
<b>Transformasi Pelayanan Masyarakat melalui <i>Website</i> Kampung Malasigit sebagai Inovasi Berbasis TI</b>	<b>84</b>
Matheus Supriyanto Rumatna, Charliany Hetharia	
<b>Rancang Bangun <i>Website</i> Kampung Batu Lubang Pantai sebagai Destinasi Wisata dan Sarana Promosi Pariwisata</b>	<b>92</b>
Tirsa Ninia Lina, Frenny Silvia Pormes	
<b>Rencana Strategis Transformasi Teknologi Informasi pada Industri Kelapa Sawit Menggunakan <i>Framework</i> Zachman</b>	<b>98</b>
Indra Permana Solihin, Bambang Triwahyono, Mohamad Bayu Wibisono, Sirojul Munir	
<b>Identifikasi Penyakit Daun pada Tanaman <i>Solanaceae</i> dan <i>Rosaceae</i> Menggunakan <i>Deep Learning</i></b>	<b>105</b>
Allan Bil Faqih, Donny Avianto	
<b>Analisis Faktor Kesuksesan <i>E-Learning</i> dalam Meningkatkan Kualitas Belajar Mengajar di Kota Batam</b>	<b>117</b>
Muhamad Dody Firmansyah, Dini Sari Melati	
<b>Implementasi Metode <i>Double Exponential Smoothing</i> untuk Sistem Peramalan Penjualan Alat Musik</b>	<b>125</b>
Mohammad Akbar Ilham, Sentot Achmadi, Karina Aulia Sari	
<b>Implementasi Teknologi <i>Augmented Reality</i> dalam Sains berbasis <i>Android</i> dengan Kartu Interaktif</b>	<b>134</b>
Nur Aminudin, Mutmainah, Afnan Zalfa Salsabila A	
<b>Klasifikasi Motif Batik Yogyakarta Menggunakan Metode GLCM dan CNN</b>	<b>142</b>
Ananda Rizki Dani, Irma Handayani	
<b>Implementasi Metode <i>Case-Based Reasoning</i> (CBR) dalam Sistem Pakar untuk Mendapatkan Diagnosis <i>Anxiety Disorders</i></b>	<b>157</b>
Tar Muhammad Raja Gunung, Siti Sahara Lubis, Manutur Siregar, Peter Jaya Negara Simanjuntak, Abwabul Jinan	

**Published by :**

LPPM STT Terpadu Nurul Fikri  
Jln. Raya Lenteng Agung, no. 20, Srengseng Sawah, Jagakarsa,  
Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12640

Telp. 021 - 786 3191 WhatsApp. 0851 7444 3360

