

**Jurnal
Informatika & Teknologi Cerdas**



JITC



Vol. 1 No. 2 Tahun 2025

Diterbitkan oleh:



Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Ilmu Rekayasa
Universitas Paramadina

Desember 2025

JURNAL INFORMATIKA & TEKNOLOGI CERDAS (JITC)

Volume 1, Nomor 2, Desember 2025

Internet of Things (IoT) sebagai Solusi Ketahanan Pangan di Tengah Bencana Sosial

Syaqilla Maulidia, Naina Camila

Analisis Perbandingan Kinerja Model K-Nearest Neighbors dan Decision Tree untuk Prediksi Pengeluaran Nasabah

Shindy Yuliyatini, Via Olga Pangaribuan, Adnan Nuur Bachtiar

Virtual Reality sebagai Media Pembelajaran Interaktif pada Materi Tata Surya: Solusi Edukasi Modern di Era Pendidikan 5.0

Labibah Rohmah, Dina Surya Shahhilina, Danar Putra Wijaya

Beyond the Screen: Transformasi Pembelajaran Anak Usia Dini Melalui Virtual Reality

Della Rizki Sonia

Analisis Penyederhanaan Verifikasi Pembayaran Donasi di Yayasan GNOTA Berbasis Sistem Otomatis Xendit

Catherine, Syahrani Agustina, Anisa Salsabila Aprisa, Alfonsa Metafani Yaneke Massi , Ego Umarella Tofani

JURNAL INFORMATIKA & TEKNOLOGI CERDAS (JITC)
Volume 1, Nomor 2, Desember 2025

Advisor

Rektor Universitas Paramadina

Editor in Chief

Dr. Diki Gita Purnama, M.Kom. : Universitas Paramadina, Indonesia

Editorial Board

Retno Hendrowati, M.T. : Universitas Paramadina, Indonesia
Wahyuningdiah Trisari H.P, M.T.I. : Universitas Paramadina, Indonesia
Deshinta Arrova Dewi, PhD. : INTI University, Malayasia
Muhammad Darwis, M.Kom. : Universitas Paramadina, Indonesia
Rahmad Syahlevi, M.T.I. : Universitas Paramadina, Indonesia

Reviewers

Dr. Harry T. Y. Achsan, M.Kom. : Universitas Paramadina, Indonesia
Dr. Harry Limantho : Institut Pertanian Bogor, Indonesia
Ir. Akbar Iskandar, S.Pd, M.Kom. : Universitas Tekonologi Akba Makassar, Indonesia
Quintin Dikara Barcah, M.Sc. : Universitas Paramadina, Indonesia
Tri Basuki Kurniawan, S.Kom., M.Eng., Ph.D. : Universitas Bina Darma, Indonesia
Dr. Markani Pato, S.Kom, M.Pd. : Universitas Tekonologi Akba Makassar, Indonesia
Ritna Wahyuni, S.Kom, M.Kom. : Institut Teknologi Sawit Indonesia, Indonesia

Secretariat

Kania Aranda
Shabrina Putri

Editorial Address

Program Studi Teknik Informatika
Universitas Paramadina Kampus Cipayung
Jl. Raya Mabes Hankam Kav. 9 Setu, Cipayung, Jakarta Timur - 13880

JURNAL INFORMATIKA & TEKNOLOGI CERDAS (JITC)
Volume 1, Nomor 2, Desember 2025

Daftar Isi

Internet of Things (IoT) sebagai Solusi Ketahanan Pangan di Tengah Bencana Sosial Syaqilla Maulidia, Naina Camila	1-6
Analisis Perbandingan Kinerja Model K-Nearest Neighbors dan Decision Tree untuk Prediksi Pengeluaran Nasabah Shindy Yuliyatini, Via Olga Pangaribuan, Adnan Nuur Bachtiar	7-13
Virtual Reality sebagai Media Pembelajaran Interaktif pada Materi Tata Surya: Solusi Edukasi Modern di Era Pendidikan 5.0 Labibah Rohmah, Dina Surya Shahhilina, Danar Putra Wijaya	14-17
Beyond the Screen: Transformasi Pembelajaran Anak Usia Dini Melalui Virtual Reality Della Rizki Sonia	18-24
Analisis Penyederhanaan Verifikasi Pembayaran Donasi di Yayasan GNOTA Berbasis Sistem Otomatis Xendit Catherine, Syahrani Agustina, Anisa Salsabila Aprisa, Alfonsa Metafani Yaneke Massi, Ego Umarella Tofani	25-31

Internet of Things (IoT) sebagai Solusi Ketahanan Pangan di Tengah Bencana Sosial

Syaqilla Maulidia^{1*)}, Naina Camila²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Rekayasa, Universitas Paramadina
Email: ¹syaqilla.maulidia@students.paramadina.ac.id, ²naina.camila@students.paramadina.ac.id

Abstrak - Ketahanan pangan di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, termasuk perubahan iklim, pertumbuhan penduduk, dan potensi bencana sosial seperti konflik atau distribusi pangan yang tidak merata. Pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* menjadi alternatif solusi untuk mendukung ketahanan pangan nasional. Penulisan ini bertujuan mengkaji peran IoT dalam meningkatkan efisiensi pertanian guna mencegah krisis dan bencana sosial akibat kelangkaan pangan. Metode yang digunakan adalah studi literatur dari berbagai sumber relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa IoT dapat membantu dalam pemantauan lahan, irigasi otomatis, prediksi cuaca, serta deteksi hama dan penyakit. Teknologi ini meningkatkan produktivitas dan distribusi pangan secara lebih adil. Kesimpulannya, implementasi IoT dalam sektor pertanian berpotensi mencegah dampak bencana sosial dengan memperkuat ketahanan pangan melalui sistem yang lebih cerdas.

Kata kunci: IoT, ketahanan pangan, bencana sosial, pertanian cerdas.

Abstract - Food security in Indonesia faces various challenges, including climate change, population growth, and potential social disasters such as conflict or unequal food distribution. The utilization of the Internet of Things (IoT) is an alternative solution to support national food security. This paper aims to examine the role of IoT in improving agricultural efficiency to prevent crises and social disasters due to food scarcity. The method used is a literature study from various relevant sources. The results show that IoT can assist in land monitoring, automatic irrigation, weather prediction, and pest and disease detection. This technology increases productivity and makes food distribution more equitable. In conclusion, the implementation of IoT in the agricultural sector has the potential to prevent the impact of social disasters by strengthening food security through a smarter system.

Keywords— IoT, food security, social disaster, smart agriculture.

I. PENDAHULUAN

Ketahanan pangan telah menjadi isu global yang semakin mendesak, terutama dalam situasi bencana sosial seperti konflik antar daerah, wabah penyakit, krisis keuangan, dan gangguan sosial lainnya yang mengakibatkan pemutusan rantai distribusi serta produksi pangan. Sektor pertanian, yang merupakan fondasi utama untuk ketahanan pangan nasional, kini berhadapan dengan tantangan besar, baik dalam hal produktivitas, efisiensi, serta keberlanjutan. Salah satu tantangan yang signifikan adalah minat kaum muda dalam industri pertanian semakin menurun. Hal ini terjadi

karena imbalan finansial di sektor pertanian lebih rendah jika dibandingkan dengan pekerjaan kantoran, tuntutan fisik yang berat sebagai petani, serta perubahan nilai dan pandangan budaya mengenai profesi ini [1].

Disisi lain, menurut Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) di tahun 2015 dalam The 2015 Revision of World Population Prospects mengindikasikan bahwa populasi global diprediksi akan menyentuh angka 8,5 miliar pada 2030, selanjutnya akan naik menjadi 9,7 miliar pada 2050 dan akan melebihi 11 miliar pada tahun 2100 [2]. Kondisi geografis Indonesia yang berada di wilayah Cincin Api (*Ring of Fire*) dan merupakan negara kepulauan juga menambah kompleksitas tantangan, karena rentan terhadap bencana alam seperti banjir, kekeringan, dan perubahan iklim ekstrem yang berpotensi menyebabkan gagal panen dan kelangkaan pangan [3].

Seiring berkembangnya teknologi, inovasi seperti *Internet of Things (IoT)* dalam konsep smart farming mulai diimplementasikan sebagai solusi modern untuk mengatasi permasalahan sektor pertanian [4]. IoT memungkinkan integrasi perangkat dan sensor digital untuk mengumpulkan data secara real-time terkait kelembapan tanah, suhu udara, kondisi tanaman, dan cuaca [5]. Data ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, mengurangi kerugian, dan menjaga kontinuitas produksi pertanian bahkan di tengah kondisi krisis [6].

Dengan demikian, tujuan dari penulisan ini adalah untuk menganalisis tantangan utama dalam menjaga ketahanan pangan pada saat bencana sosial, mengevaluasi potensi pemanfaatan IoT dalam meningkatkan efisiensi dan stabilitas produksi pangan, serta mengidentifikasi peluang dan hambatan implementasi IoT di sektor pertanian Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan model pertanian berbasis teknologi yang adaptif dan tangguh terhadap risiko bencana.

II. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

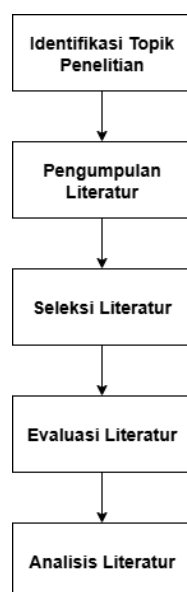
Jenis Penelitian: Dengan menggunakan metode tinjauan literatur, penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian deskriptif kualitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan dan menganalisis peran teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam meningkatkan ketahanan pangan.

Pendekatan Penelitian: Metodologi yang digunakan bersifat kualitatif. Informasi yang dikumpulkan melalui analisis dokumen atau artikel terdahulu dari berbagai sumber, termasuk Google Scholar dan Scopus. Penelitian ini tidak menggunakan eksperimen langsung, namun lebih cenderung menganalisis kesimpulan dan argumen yang diajukan oleh penelitian sebelumnya.

Populasi: Seluruh literatur ilmiah yang membahas IoT, pertanian cerdas, dan ketahanan pangan termasuk dalam populasi penelitian ini. **Sampel:** Pemilihan sampel didasarkan pada rentang waktu 10 tahun terakhir dan relevansi tema. Jurnal nasional dan internasional yang memenuhi persyaratan tersebut juga menjadi sampel penelitian ini. **Instrumen:** Evaluasi literatur dalam bentuk daftar periksa digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi kontribusi ilmiah, keakuratan, dan relevansi setiap sumber. Membandingkan hasil di antara literatur meningkatkan validitas alat tersebut, dan penggunaan kriteria seleksi yang konsisten serta pelaksanaan tinjauan sistematis menjaga keandalan alat tersebut.

B. Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur dengan mengikuti langkah-langkah untuk mengidentifikasi, menyeleksi, mengevaluasi, dan menganalisis hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan. Adapun prosedur kajian terdiri atas lima tahapan utama yang ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Alur Tahapan Studi Literatur

1. **Identifikasi Topik Penelitian:** peneliti menetapkan fokus penelitian pada penggunaan *Internet of Things* (IoT) di bidang smart farming guna meningkatkan ketahanan pangan.
2. **Pengumpulan Literatur:** referensi dikumpulkan dari database seperti Google Scholar dan Scopus menggunakan kata kunci: IoT dalam pertanian, pertanian cerdas, ketahanan pangan, dan bencana

sosial. Rentang tahun penerbitan ditetapkan 10 tahun terakhir.

3. **Seleksi Literatur:** literatur diseleksi harus tersedia full-text dan relevan dengan topik.
4. **Evaluasi Literatur:** artikel yang dipilih dinilai berdasarkan lima kriteria utama, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1:

TABEL 1. Evaluasi Literatur

Kriteria Evaluasi	Catatan
Judul dan Abstrak Relevan	Sesuai dengan fokus IoT dan smart farming
Tujuan Penelitian Jelas	Tujuan dituliskan secara rinci
Metodologi Dijelaskan	Eksperimen dengan simulasi alat berbasis sensor IoT ataupun studi literatur yang jelas
Fokus IoT/Smart Farming	Fokus utama artikel sesuai dengan topik penelitian
Konteks Bencana atau Ketahanan Pangan	Relevan jika artikel sesuai dengan bencana atau ketahanan pangan

5. Analisis Literatur

Artikel-artikel yang telah melalui proses evaluasi dianalisis secara tematik untuk mengungkap pola, celah, serta tren penelitian mengenai implementasi *Internet of Things* (IoT) dan inovasi dalam sektor pertanian dan ketahanan pangan, seperti pada Tabel 2:

TABEL 2. Analisis Literatur

Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus	Hasil
Teknologi pertanian masa depan dan peranannya dalam menunjang ketahanan pangan	Studi Literatur	AI dan robot pertanian	Mampu menggantikan pekerjaan manusia, meningkatkan presisi, efisiensi waktu, dan produktivitas
Bonus Demografi sebagai Peluang dan Tantangan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Era Otonomi Daerah	Studi pustaka (analisis deskriptif)	Analisis bonus demografi 2020–2030 dan kesiapan daerah dalam pengelolaan sumber daya alam	Bonus demografi memberikan peluang besar untuk pertumbuhan ekonomi jika dibarengi strategi pengembangan SDM dan penciptaan lapangan kerja
<i>The Impact of Disasters on Food Security in Serang Regency, Banten Province</i>	Kualitatif (wawancara mendalam, observasi, FGD; analisis deskriptif)	Dampak bencana (banjir dan kekeringan) terhadap ketahanan pangan daerah	Bencana banjir (47 kali) dan kekeringan (14 kali) menyebabkan kerusakan lahan pertanian dan mengubah status ketahanan pangan sejumlah desa di Kabupaten Serang
Integrasi IoT dalam Rantai Nilai Agribisnis: Telaah Literatur terhadap	<i>Integrative Literature Review</i> terhadap 40 artikel (2017–	Identifikasi bentuk inovasi IoT, kontribusi terhadap efisiensi	IoT mendorong transformasi agribisnis melalui pemantauan <i>real-time</i> , otomatisasi, dan efisiensi sumber

<i>Judul Penelitian</i>	<i>Metode Penelitian</i>	<i>Fokus</i>	<i>Hasil</i>
Inovasi dan Efisiensi Sistem Pangan	2025), seleksi dari Scopus dan Google Scholar	sistem pangan, dan tantangan integrasi IoT	daya, meskipun dihadapkan pada tantangan seperti literasi teknologi rendah, keamanan data, dan kebutuhan investasi tinggi
Pemanfaatan <i>Internet of Things</i> (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3	Tinjauan Pustaka/Studi Literatur	Pemanfaatan <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam bidang pertanian	Hasil pengujian telah memperlihatkan bahwa semua sistem berfungsi dengan akurasi yang baik dan dapat mengirim data secara real-time ke platform berbasis web, selain itu juga menyediakan notifikasi otomatis, termasuk melalui Telegram. IoT dinilai memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi tenaga kerja, dan mitigasi risiko dalam pertanian modern.
Implementasi Smart Farming dalam Mendukung Pertanian Berkelanjutan	Kualitatif (studi kasus dan wawancara mendalam)	Implementasi Smart Farming dalam Pertanian	Smart Farming meningkatkan efisiensi sumber daya, kualitas hasil, dan kesejahteraan petani. Namun, tantangan seperti akses teknologi dan keterampilan masih perlu diatasi.
Tantangan Petani Dalam Mempertahankan Ketahanan Pangan	Literatur Review dengan menggunakan kata kunci "pertanian" dan "ketahanan pangan".	Tantangan utama yang dihadapi petani Indonesia dalam menjaga ketahanan pangan.	Petani Indonesia menghadapi tantangan besar seperti perubahan iklim, alih fungsi lahan, keterbatasan akses teknologi, serta dampak pandemi COVID-19. Tantangan-tantangan ini menurunkan produktivitas dan pendapatan petani, terutama petani kecil. Diperlukan penerapan teknologi modern, kebijakan berpihak pada petani, dan kolaborasi antar pihak untuk memperkuat ketahanan pangan nasional.
<i>Regional Vulnerability to Food Insecurity: The Case of Indonesia</i>	Composite Index (pengukuran eksposur, sensitivitas, kapasitas adaptif)	Menilai kerentanan 34 provinsi di Indonesia terhadap kerawanan pangan (2021)	11.7% provinsi (Banten, Papua, Kalimantan Timur) rentan terhadap kerawanan pangan, 14.7% provinsi (Bali, Sulawesi Selatan, dan Bengkulu) tergolong rendah kerentanannya. Faktor-faktor utama

<i>Judul Penelitian</i>	<i>Metode Penelitian</i>	<i>Fokus</i>	<i>Hasil</i>
			penyebab kerentanan termasuk perubahan iklim, minimnya infrastruktur pertanian, tingginya ketergantungan pada satu jenis pangan, dan keterbatasan akses pasar serta teknologi. Rekomendasi: diversifikasi pangan, penguatan SDM pertanian, peningkatan akses pasar, dan investasi infrastruktur.
<i>Livelihood vulnerability of smallholder farmers to climate change: A comparative analysis based on irrigation access in South Sulawesi, Indonesia</i>	Livelihood Vulnerability Index (LVI) dan LVI-IPCC, survei 132 rumah tangga	Evaluasi kerentanan mata pencaharian petani padi di daerah irigasi Sungai Bettu (zona hulu vs hilir)	Petani di daerah hilir lebih rentan terhadap perubahan iklim, terutama terkait strategi penghidupan, air, pangan, lahan, dan bencana kekeringan. Rekomendasi: peningkatan infrastruktur irigasi, pembangunan embung & sumur bor, serta pelatihan diversifikasi usaha (seperti industri pangan rumah tangga) bagi petani miskin.
<i>The Impact of Climate Change on Indonesia's Food Security Strategy Undertaken by Bulog in 2023</i>	Studi literatur (data sekunder dari artikel, e-book, jurnal, penelitian sebelumnya)	Dampak perubahan iklim terhadap strategi ketahanan pangan oleh Bulog pada tahun 2023	Bulog merespons penurunan produksi pangan akibat perubahan iklim dengan strategi: 1. mendorong BUMN meningkatkan produksi beras, 2. membangun 10 rice milling centers & 7 rice processing centers, 3. menyalurkan bansos 10 kg beras/bulan untuk kelompok berpenghasilan rendah, 4. stabilisasi harga pangan dengan suplai 1 juta ton beras murah. Implikasinya adalah pentingnya penguatan produksi domestik, infrastruktur distribusi, dan bantuan pangan bagi masyarakat rentan.
Analisis Tantangan dan Strategi Ketahanan Pangan di Indonesia	Symatic Literature Review	Menganalisis tantangan dalam hal keamanan dan keberlanjutan pangan di	Indonesia menghadapi beberapa tantangan dalam hal ketersediaan makanan, penyesuaian terhadap perubahan iklim, dan

<i>Judul Penelitian</i>	<i>Metode Penelitian</i>	<i>Fokus</i>	<i>Hasil</i>
		Indonesia mencakup pengaruh dari dampak pandemi, perubahan iklim, urbanisasi, dan dominasi pasar	penurunan tingkat kelaparan. Upaya yang perlu dilakukan mencakup peningkatan dalam penelitian, pemanfaatan teknologi, peningkatan produksi pangan lokal, perlindungan sumber daya alam, serta komitmen politik yang kuat dan penguatan posisi petani untuk menciptakan suatu sistem pangan yang berkelanjutan.
<i>Smart Farming 4.0 untuk Mewujudkan Indonesia Maju, Mandiri, dan Modern</i>	Studi Deskriptif Analisis	Menganalisis peluang besar smart farming 4.0 berbasis AI serta peran generasi milenial dan kebijakan pemerintah.	Smart farming 4.0 mendorong efisiensi pertanian melalui teknologi seperti drone, sensor cuaca, dan sistem informasi. Tantangan utama meliputi latar belakang pendidikan petani, usia lanjut, dan biaya tinggi. Pemerintah perlu membuat roadmap dan melibatkan petani milenial serta proyek strategis nasional.
Krisis Pangan dalam Perspektif Hukum dan Sosiologi di Indonesia: Tantangan dan Prospek	Kualitatif deskriptif melalui wawancara dan studi literatur (UU, jurnal, laporan FAO, UNICEF)	Menganalisis krisis pangan di Indonesia dari perspektif hukum dan sosiologi.	Perbedaan akses pangan antara kota dan desa, masalah birokrasi dan korupsi, serta dampak krisis terhadap kelompok rentan seperti anak-anak, perempuan, dan lansia telah diidentifikasi sebagai tantangan utama. Diperlukan adanya reformasi kebijakan, pengembangan infrastruktur di desa, serta perlindungan khusus bagi kelompok rentan tersebut.
Transformasi Manajemen Rantai Pasokan Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT): Tinjauan Literatur	Studi literatur sistematis yang melibatkan pengujian kualitas penelitian, pengumpulan data, analisis, penafsiran hasil, dan rekomendasi	Menganalisis peran IoT dalam transformasi manajemen rantai pasokan dan tantangan penerapannya	IoT memainkan peranan signifikan dalam memperbaiki efisiensi operasional, distribusi, dan pembuatan keputusan yang didorong oleh data. Akan tetapi, tantangan utamanya mencakup masalah keamanan data, biaya yang tinggi, infrastruktur yang masih terbatas, serta regulasi yang kurang

<i>Judul Penelitian</i>	<i>Metode Penelitian</i>	<i>Fokus</i>	<i>Hasil</i>
	i untuk penelitian selanjutnya.		memadai. Dibutuhkan strategi kebijakan yang tepat, penguatan infrastruktur, serta peningkatan literasi teknologi agar bisa diatasi.
Supply Chain Management Berbasis IoT dalam Meningkatkan Keamanan Pangan: <i>Literature Review</i>	Tinjauan literatur sistematis dengan pendekatan kualitatif. Pencarian dilakukan di Google Scholar, ScienceDirect, dan IEEE Xplore, menggunakan kata kunci terkait IoT dan rantai pasok pangan.	Menjelaskan peran IoT dalam meningkatkan keamanan pangan di setiap tahap rantai pasok pangan (produksi, penyimpanan, distribusi), serta mengidentifikasi tantangan dan potensi integrasi IoT dengan teknologi lain seperti blockchain	1. IoT memungkinkan pelacakan produk secara real-time, meningkatkan efisiensi logistik, dan transparansi rantai pasok. 2. Integrasi dengan blockchain menciptakan jejak digital yang aman dan terpercaya. 3. Tantangan utama mencakup investasi awal, infrastruktur, keamanan data, dan kesiapan organisasi. 4. IoT terbukti efektif dalam mendeteksi dan mencegah risiko keamanan pangan serta mengurangi pemborosan. 5. Studi menunjukkan manfaat praktis seperti kontrol suhu produk, efisiensi produksi, dan distribusi pangan segar.
Inovasi Teknologi IoT untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan	<i>Mixed methods</i> (kualitatif dan kuantitatif) dengan desain deskriptif eksploratif.	Penerapan <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam mendukung pertanian berkelanjutan di Kabupaten Lahat	65% petani masih memiliki pemahaman rendah tentang IoT, dengan kendala utama berupa akses internet yang tidak stabil dan mahalnya biaya perangkat. Namun, 50% petani yang telah mengadopsi IoT merasakan peningkatan efisiensi dalam penggunaan air dan pupuk. Penelitian merekomendasikan pelatihan terstruktur, dukungan teknis berkelanjutan, dan kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta dalam membangun infrastruktur yang mendukung.
Efektivitas <i>Internet of Things</i> (IoT) pada Sektor Pertanian	Pendekatan deskriptif dengan kajian literatur	Pemanfaatan IoT dalam sektor pertanian	IoT memiliki potensi besar untuk mengubah sektor pertanian menjadi lebih produktif dan

Judul Penelitian	Metode Penelitian	Fokus	Hasil
	untuk mengidentifikasi dan menjelaskan berbagai manfaat teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam sektor pertanian.	Indonesia, khususnya bagaimana teknologi ini dapat meningkatkan produktivitas, keberlanjutan, dan efisiensi	berkelanjutan. Dengan memanfaatkan IoT, petani dapat meningkatkan hasil dan kualitas produk pertanian mereka sekaligus menghadapi tantangan masa depan dengan lebih baik.
Efektifitas Penerapan <i>Internet of Things</i> Pada Pertanian Padi: Tinjauan Literatur	Tinjauan naratif (narrative review) terhadap artikel-artikel internasional yang membahas efektivitas penerapan teknologi IoT pada sektor pertanian padi.	penerapan teknologi IoT dalam pertanian padi, khususnya efektivitasnya dalam meningkatkan efisiensi irigasi, deteksi penyakit tanaman, penggunaan energi, pemupukan, dan penggunaan energi terbarukan serta integrasi teknologi pemrosesan seperti Machine Learning.	IoT bisa meningkatkan efisiensi irigasi hingga 96%, mendeteksi penyakit tanaman dengan tingkat akurasi antara 87,2% hingga 89,4%, serta mengoptimalkan penggunaan pupuk dengan efektivitas mencapai 95,5%. Pemanfaatan sumber energi seperti panel surya juga dapat menekan biaya operasional secara efektif. Lebih dari itu, integrasi dengan Machine Learning membawa potensi untuk menciptakan sistem yang lebih tepat dan efisien dalam sektor pertanian padi.
Kajian Pengembangan <i>Internet of Things</i> (IoT) pada Sektor Pertanian di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur	Studi pustaka dan observasi lapangan secara menyeluruh untuk menganalisis pengembangan <i>Internet of Things</i> (IoT) di sektor pertanian di Kabupaten Ngada.	Meneliti peluang untuk mengembangkan dan menerapkan aplikasi IoT dalam sektor pertanian di Kabupaten Ngada sekaligus mengidentifikasi peluang serta tantangan yang mungkin muncul dalam pelaksanaannya.	<i>Internet of Things</i> (IoT) yang telah diimplementasikan di daerah lain memiliki peluang yang signifikan untuk dieksplorasi dan dikembangkan di Ngada. Adanya berbagai faktor pendukung, seperti infrastruktur telekomunikasi yang tersedia, kemudahan akses terhadap perangkat IoT, dukungan dari pihak pemerintah, serta sumber daya manusia yang memadai, menjadikan penerapan IoT di Ngada sangat mungkin untuk direalisasikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sektor pertanian di Indonesia dihadapkan pada sejumlah tantangan dalam upaya menjaga ketahanan pangan, terutama dalam menghadapi bencana sosial. Salah satu tantangan

<https://journal.paramadina.ac.id/index.php/jitc>

Artikel ini adalah artikel dengan akses terbuka, dilisensikan di bawah CC BY 4.0.



terbesar adalah perubahan iklim dan bencana alam yang mengakibatkan ketidakstabilan suhu serta cuaca ekstrem, seperti kekeringan, banjir, dan badai, yang secara langsung merusak lahan serta menurunkan hasil panen. Kondisi ini membuat petani, terutama yang berskala kecil, semakin rentan terhadap gagal panen dan kerugian ekonomi [7], [8], [9], [10].

Selain itu, proses alih fungsi lahan akibat urbanisasi dan pembangunan infrastruktur telah mengakibatkan penyusutan luas lahan pertanian yang produktif [7], yang pada akhirnya berdampak pada menurunnya kapasitas produksi pangan nasional [11]. Tantangan lain yang tidak kalah penting adalah keterbatasan akses terhadap teknologi pertanian modern. Banyak petani, khususnya di daerah terpencil, belum dapat mengakses teknologi seperti varietas unggul, sistem irigasi cerdas, maupun fasilitas penyimpanan yang layak. Hal ini berimplikasi pada rendahnya efisiensi produksi dan tingginya tingkat kerusakan hasil panen [12].

Dampak pandemi Covid-19 juga memperburuk kondisi sektor pertanian. Pembatasan mobilitas dan terganggunya rantai distribusi menyebabkan penurunan produksi dan pendapatan petani secara signifikan [3]. Di sisi lain, kebijakan pemerintah yang belum optimal, seperti subsidi yang tidak merata, birokrasi yang kompleks, dan lemahnya koordinasi lintas sektor, turut memperberat upaya mempertahankan ketahanan pangan secara nasional [13].

Sebagai respons terhadap berbagai tantangan tersebut, teknologi *Internet of Things* (IoT) mulai diadopsi sebagai solusi strategis dalam pertanian modern. IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time mengenai kondisi tanah, suhu udara, kelembapan, serta status tanaman [14]. Data ini kemudian digunakan untuk mengelola irigasi, pemupukan, dan pengendalian hama secara presisi dan otomatis. Misalnya, penggunaan sistem irigasi otomatis berbasis IoT terbukti mampu menghemat air dan meningkatkan hasil panen hingga dua kali lipat [15]. Selain itu, teknologi ini juga memungkinkan pemantauan kondisi tanaman dan ternak dari jarak jauh, sehingga mengurangi kebutuhan tenaga kerja dan meningkatkan efisiensi produksi.

Penelitian lapangan di Kabupaten Ngada menunjukkan bahwa IoT berhasil mengubah praktik pertanian tradisional menjadi sistem yang lebih efisien dan berkelanjutan, dengan kemampuan memantau kondisi lahan dan tanaman secara akurat. Di Kabupaten Lahat, teknologi IoT bahkan mampu menghemat penggunaan air dan pupuk hingga 50%, meskipun tantangan seperti konektivitas internet dan biaya awal perangkat masih menjadi hambatan [16].

Peluang penerapan IoT di Indonesia cukup besar. Teknologi ini mampu meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian melalui pengelolaan data yang akurat dan responsif, terutama di daerah yang rentan terhadap bencana sosial dan perubahan iklim [17]. Selain itu, pengembangan pertanian cerdas atau smart farming melalui integrasi IoT dengan sistem otomatisasi dan big data turut memperkuat kemampuan adaptasi petani terhadap perubahan lingkungan yang dinamis [18]. Dukungan dari pemerintah dan sektor swasta juga membuka jalan bagi percepatan adopsi IoT, melalui pelatihan, bantuan infrastruktur, dan penyediaan perangkat teknologi [19], [16].

IV. KESIMPULAN

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam pertanian melalui konsep Smart Farming memiliki potensi signifikan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya, produktivitas hasil panen, serta memperkuat ketahanan pangan nasional, khususnya dalam menghadapi tantangan bencana sosial dan perubahan iklim. Namun, implementasinya masih menghadapi kendala seperti keterbatasan infrastruktur digital dan rendahnya literasi teknologi di kalangan petani yang perlu diatasi melalui kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga pendidikan.

REFERENSI

- [1] R. Efendi and D. Sagita, "Teknologi pertanian masa depan dan peranannya dalam menunjang ketahanan pangan," *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, Oct. 2022, doi: 10.54297/sjme.v1i1.297.
- [2] Muhammad Agus Umar, "Bonus demografi sebagai peluang dan tantangan pengelolaan sumber daya alam di era otonomi daerah," *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, vol. 8, no. 2, Jun. 2018.
- [3] M. A. Setiawan, T. I. Noor, L. Sulistyowati, and L. Trimo, "THE IMPACT OF DISASTERS ON FOOD SECURITY IN SERANG REGENCY, BANTEN PROVINCE," 2022.
- [4] Zahraturrehmi and Tennyisa Febriyanti Suardi, "INTEGRASI IoT DALAM RANTAI NILAI AGRIBISNIS: TELAHAH LITERATUR TERHADAP INOVASI DAN EFISIENSI SISTEM PANGAN," *Jurnal Agrisepe*, vol. 26, no. 1, pp. 60–78, 2025.
- [5] I. P. Sari, A. Novita, A.-K. Al-Khowarizmi, F. Ramadhani, and A. Satria, "Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 4, pp. 337–343, Jun. 2024, doi: 10.56211/blendsains.v2i4.505.
- [6] F. J. Rizal, M. A. Rahman, A. A. Maulana, and Y. Setiowati, "IMPLEMENTASI SMART FARMING DALAM Mendukung PERTANIAN BERKELANJUTAN," Jul. 2024.
- [7] Fanesha Panca Putri, Lora Afrilisia, Mufidah Insani Tazri, Mutia Oktaviani, Putri Amelya Ningsih, and Resti Fevria, "Tantangan Petani Dalam Mempertahankan Ketahanan Pangan: Studi Literatur," *Prosiding Seminar Biologi Nasional*, vol. 4, no. 2, pp. 580–584, Mar. 2025.
- [8] I. A. Juliannisa, H. Rahma, S. Mulatsih, and A. Fauzi, "Regional Vulnerability to Food Insecurity: The Case of Indonesia," *Sustainability*, vol. 17, no. 11, p. 4800, May 2025, doi: 10.3390/su17114800.
- [9] Arifah, D. Salman, A. Yassi, and E. B. Demmallino, "Livelihood vulnerability of smallholder farmers to climate change: A comparative analysis based on irrigation access in South Sulawesi, Indonesia," *Regional Sustainability*, vol. 3, no. 3, pp. 244–253, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.regSus.2022.10.002.
- [10] G. Manurung, I. Sastrodiharjo, and Y. Hendayana, "The Impact of Climate Change on Indonesia's Food Security Strategy Undertaken by Bulog in 2023," *Dinasti International Journal of Economics, Finance & Accounting*, vol. 5, no. 3, pp. 1988–1994, Aug. 2024, doi: 10.38035/dijefa.v5i3.3204.
- [11] Isro' Kurniawan Rahakbauw and Palupi Lindiasari Samputra, "Analisis Tantangan dan Strategi Ketahanan Pangan di Indonesia," *JURNAL AGRICA*, vol. 18, no. 1, pp. 1–17, Apr. 2025.
- [12] R. R. Rachmawati, "SMART FARMING 4.0 UNTUK MEWUJUDKAN PERTANIAN INDONESIA MAJU, MANDIRI, DAN MODERN," *Forum penelitian Agro Ekonomi*, vol. 38, no. 2, p. 137, Jun. 2021, doi: 10.21082/fae.v38n2.2020.137-154.
- [13] D. Oktareza, A. Noor, E. Saputra, and A. Vivi Yualianignrum, "Krisis Pangan dalam Perspektif Hukum dan Sosiologi di Indonesia: Tantangan dan Prospek," *Indonesian Journal of Law*, vol. 1, no. 6, pp. 170–176, 2024.
- [14] B. Wahyudi, Muhammad Danu, Fahrurrozi Mawasandi, Zakaria Nur Aziz, and M. Fahrul Ghifari Rosyadi, "Transformasi Manajemen Rantai Pasokan Berbasis *Internet of Things* (IoT): Tinjauan Literatur," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 32–44, Mar. 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i1.535.
- [15] Cita Nafisah Putri, Aniq Juman Ramadhani, Mutiah, Muhammad Abdu Rifki, Mas Adi Chandra Damora, and Yeni Budiawati, "SUPPLY CHAIN MANAGEMENT BERBASIS IOT DALAMMENINGKATKAN KEAMANAN PANGAN: LITERATURE REVIEW," *Integrative*

Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ), vol. 2, no. 3, pp. 3534–3544, 2025.

Yusi Nurmala Sari and Maya Sari, "Inovasi Teknologi IoT untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan," *Jurnal Kolaboratif Sains*, vol. 9, no. 1, pp. 271–284, Jan. 2025.

J. Junaidi and K. Ramadhani, "EFEKTIVITAS *INTERNET OF THINGS* (IoT) PADA SEKTOR PERTANIAN," *JURNAL TEKNIKI*, vol. 4, no. 1, p. 12, Feb. 2024, doi: 10.54314/teknisi.v4i1.1793.

Fajar Ramadhan, Febri Pratama, Fauziah Noviani, and Ilham Albana, "Efektifitas Penerapan *Internet of Things* Pada Pertanian Padi: Tinjauan Literatur," *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 40–48, 2025.

K. D. Goda and A. D. P. S. Neta, "Kajian Pengembangan *Internet of Things* (IoT) pada Sektor Pertanian di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur," *JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 6, no. 02, pp. 478–493, Jul. 2024, doi: 10.53863/kst.v6i02.1233.



Analisis Perbandingan Kinerja Model *K-Nearest Neighbors* dan *Decision Tree* untuk Prediksi Pengeluaran Nasabah

Shindy Yuliyatini^{1*)}, Via Olga Pangaribuan²⁾ Adnan Nuur Bachtiar³⁾

¹Program Studi Magister Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur

^{2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Rekayasa, Universitas Paramadina

Email: ¹2311601302@student.budiluhur.ac.id ²via.pangaribuan@students.paramadina.ac.id,

³adnan.bachtiar@students.paramadina.ac.id

Abstrak - Prediksi pengeluaran nasabah merupakan aspek krusial dalam analisis data keuangan guna membantu institusi perbankan memahami pola perilaku konsumen. Penelitian ini membandingkan kinerja dua algoritma pembelajaran mesin, yaitu *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Decision Tree*, dalam memprediksi pengeluaran nasabah. Sampel yang digunakan berupa data transaksi seorang nasabah pada Bank BCA dengan total 2.567 transaksi. Evaluasi dilakukan menggunakan tiga metrik utama, yakni *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma KNN menghasilkan tingkat kesalahan prediksi yang lebih rendah dibandingkan *Decision Tree* pada seluruh metrik evaluasi, sehingga dinilai lebih efektif dalam tugas prediksi ini.

Kata kunci: KNN, *Decision Tree*, Prediksi Pengeluaran, MAE, MSE

Abstract - Customer expenditure prediction is a crucial aspect of financial data analysis, helping banking institutions better understand consumer behavior. This study compares the performance of two machine learning algorithms, *K-Nearest Neighbors* (KNN) and *Decision Tree*, in predicting customer expenditures. The dataset used consists of 2,567 transaction records from a single customer at Bank BCA. The performance of both models is evaluated using three key metrics: *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), and *Root Mean Squared Error* (RMSE). The results show that the KNN algorithm outperforms the *Decision Tree* by producing lower prediction errors across all evaluation metrics, making it more effective for this predictive task.

Keywords— KNN, *Decision Tree*, Expense Prediction, MAE, MSE

I. PENDAHULUAN

Machine learning (pembelajaran mesin) merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan membuat keputusan atau prediksi tanpa perlu diprogram secara eksplisit [1]. Dalam konteks keuangan, machine learning dapat diterapkan untuk menganalisis data nasabah, seperti informasi pribadi, riwayat transaksi, status kredit, dan aspek keuangan lainnya [2], [3]. Dengan menggunakan dataset yang besar dan beragam, machine learning dapat mengidentifikasi pola yang mungkin

sulit ditemukan oleh manusia, sehingga membantu lembaga keuangan dalam mengambil keputusan yang lebih tepat dan efisien [4], [5], [6].

Sebagai contoh, dalam analisis kelayakan kredit, lembaga keuangan sering kali mengandalkan dataset yang berisi informasi tentang pendapatan, utang, skor kredit, dan riwayat pembayaran nasabah untuk menentukan apakah nasabah tersebut layak mendapatkan pinjaman. Dengan *machine learning*, sistem dapat dilatih untuk mengenali pola dalam data tersebut dan memberikan prediksi mengenai kemampuan nasabah dalam membayar pinjaman di masa depan. Hal ini sangat berguna untuk mengurangi risiko dan meningkatkan akurasi dalam proses pemberian kredit.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi besarnya pengeluaran nasabah dengan memanfaatkan teknik pembelajaran mesin. Dua algoritma yang dibandingkan dalam penelitian ini adalah *K-Nearest Neighbors* (KNN) [7] dan *Decision Tree* [8], [9], yang dipilih karena pendekatan dan karakteristik klasifikasinya yang berbeda. Data yang digunakan berupa riwayat transaksi keuangan dari seorang nasabah Bank BCA dengan total 2.567 entri transaksi, yang mencerminkan berbagai jenis pengeluaran dalam periode tertentu. Data ini kemudian dibersihkan dan diproses untuk menghasilkan fitur-fitur yang relevan sebelum diterapkan ke masing-masing model. Kinerja kedua algoritma dievaluasi menggunakan tiga metrik utama, yaitu *Mean Absolute Error* (MAE) [10], *Mean Squared Error* (MSE) [11], dan *Root Mean Squared Error* (RMSE) [12], untuk menilai seberapa akurat model dalam memprediksi nominal pengeluaran. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai algoritma yang lebih tepat digunakan dalam analisis perilaku keuangan nasabah berdasarkan riwayat transaksinya.

Dataset nasabah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki karakteristik yang serupa dengan dataset perbankan pada umumnya, yang mencakup beragam informasi seperti usia, jenis kelamin, status pekerjaan, pendapatan, jumlah utang, serta catatan pembayaran tagihan. Data-data ini tidak hanya relevan untuk analisis pengeluaran, tetapi juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi machine learning lanjutan, seperti klasifikasi untuk menentukan kelayakan pemberian pinjaman, regresi untuk memprediksi jumlah

pinjaman yang sesuai, maupun segmentasi untuk mengelompokkan nasabah berdasarkan profil risiko.

Dengan kemajuan teknologi dan ketersediaan data yang semakin besar, penerapan machine learning dalam analisis keuangan nasabah menjadi semakin penting[13]. Dengan memanfaatkan pendekatan machine learning, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi operasional lembaga keuangan. Penggunaan model prediktif seperti KNN dan *Decision Tree* dapat membantu mengurangi ketergantungan pada analisis manual yang rentan terhadap kesalahan manusia, sekaligus memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pola perilaku keuangan nasabah. Pada akhirnya, hal ini dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat, cepat, dan berbasis data dalam berbagai layanan perbankan.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dengan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan teknik pembelajaran mesin dan analisis data yang sistematis.:

A. Desain Penelitian

1. Jenis Penelitian.
Penelitian ini merupakan penelitian analitis, yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja dua model pembelajaran mesin, yaitu KNN dan *Decision Tree*, dalam memprediksi pengeluaran nasabah.
2. Pendekatan Penelitian.
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, di mana data yang dikumpulkan akan dianalisis menggunakan teknik pembelajaran mesin untuk membandingkan akurasi model KNN dan *Decision Tree* dalam prediksi pengeluaran nasabah.
3. Populasi.
Populasi penelitian ini adalah data pengeluaran nasabah yang diperoleh dari transaksi bank. Data tersebut mencakup variabel-variabel seperti jumlah pengeluaran, jumlah yang diterima, loan, dan lain-lain.
4. Sampel.
Sampel yang digunakan adalah dataset dari transaksi seorang nasabah pada bank BCA dengan ukuran sampel 2567 transaksi / sampel. Data tersebut akan dipilih secara acak, dengan memperhatikan representasi yang seimbang antara berbagai kategori yang relevan.

B. Prosedur Penelitian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian dua model pembelajaran mesin. Dengan model

a) KNN

K-Nearest Neighbor (KNN) adalah algoritma dalam machine learning yang sering digunakan untuk klasifikasi dan regresi, yang bekerja dengan cara mencari data yang paling mirip (tetangga terdekat) dengan data yang ingin diprediksi atau diklasifikasikan[14]. Konsep dasar dari model KNN adalah K yang merujuk pada jumlah "tetangga" terdekat yang dipertimbangkan untuk memutuskan kelas atau nilai *output* dari suatu data baru. *Nearest Neighbors* adalah KNN bekerja dengan menghitung jarak antara data baru yang akan diprediksi dan data yang ada di dalam dataset. Jarak ini umumnya dihitung dengan menggunakan beberapa metode

pengukuran jarak, seperti *Euclidean*, *Manhattan*, atau *Minkowski*.

b) Decision Tree

Decision Tree adalah salah satu algoritma dalam machine learning yang digunakan untuk melakukan klasifikasi dan regresi [15]. Model ini menggambarkan keputusan dan kemungkinan hasilnya dalam bentuk pohon terstruktur, di mana setiap simpul (*node*) menggambarkan kondisi atau pertanyaan yang perlu dijawab untuk mengklasifikasikan data, dan setiap cabang menunjukkan hasil dari keputusan tersebut.

Komponen utama dalam *Decision Tree*

- *Root Node*.
Titik awal pohon yang mewakili seluruh dataset. Di sini, algoritma memilih fitur yang terbaik untuk memulai pembagian data.
- *Decision Nodes*
Titik di dalam pohon tempat pembagian lebih lanjut terjadi berdasarkan fitur-fitur dalam dataset.
- *Leaf Nodes*
Titik akhir dalam pohon yang menunjukkan keputusan akhir atau kelas yang diprediksi (untuk klasifikasi) atau nilai yang diprediksi (untuk regresi).
- *Edges*
Cabang yang menghubungkan simpul-simpul dalam pohon, menunjukkan bagaimana data dibagi berdasarkan nilai fitur.

Proses pengujian dilakukan dengan membagi dataset menjadi data latih dan data uji menggunakan metode *train-test split* untuk memastikan bahwa model dapat diuji pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Kedua algoritma, yaitu *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Decision Tree*, dilatih menggunakan data latih, lalu diuji performanya pada data uji. Evaluasi dilakukan berdasarkan tiga metrik utama, yaitu *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Root Mean Squared Error* (RMSE), yang mengukur seberapa besar rata-rata kesalahan prediksi yang dihasilkan oleh masing-masing model. Hasil pengujian dari kedua model kemudian dibandingkan untuk menentukan metode yang paling efektif dalam memprediksi pengeluaran nasabah berdasarkan pola data yang tersedia.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Model KNN

```
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.neighbors import KNeighborsRegressor
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

# Load dataset (ganti path dengan lokasi dataset Anda)
dataset_path = "UAS_Dataset_bank_BCA.csv"
data = pd.read_csv(dataset_path, delimiter=';')

data.info() # Periksa tipe data
data.head()
```

Gambar 1. Import library KNN dan dataset

Untuk menyelesaikan penelitian ini, langkah pertama yang penulis lakukan adalah mengimport librari dan juga dataset yang akan digunakan. Berdasarkan Gambar 1, beberapa *library* yang penulis

- Pandas = untuk manipulasi data.
- sklearn.model_selection.train_test_split = untuk membagi dataset menjadi data latih dan uji.
- sklearn.neighbors.KNeighborsRegressor = model KNN untuk regresi.
- sklearn.metrics = untuk menghitung metrik evaluasi seperti *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Squared Error* (MSE).
- Numpy = untuk operasi numerik.

St. No.	Bank Name	Account Number	Date	Cheque No.	Original Amount	Original Balance	Category	Converted Amount	Converted Balance	Conversion rate
0	2051	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	30-Apr-23	Na/N	-24.510.996,06	340.841.663,42	Loan	-24.510.996,06	340.841.663,42	1,00
1	2052	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	30-Apr-23	Na/N	10.000.000,00	350.841.663,42	Transfer from	10.000.000,00	350.841.663,42	1,00
2	2053	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	30-Apr-23	Na/N	1.150.000,00	351.991.670,28	Transfer from	1.150.000,00	351.991.670,28	1,00
3	2054	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	30-Apr-23	Na/N	6,86	351.991.670,28	Interest Connection	6,86	351.991.670,28	1,00
4	2055	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	30-Apr-23	Na/N	1.156,30	351.992.826,58	Interest	1.156,30	351.992.826,58	1,00

Gambar 2. Hasil pembacaan dataset model KNN

Pada Gambar 2, terlihat hasil dataset yang telah di *import*. Selanjutnya, dilakukan pembersihan dan pemformatan data sehingga data yang ada siap untuk diterapkan dalam *machine learning* seperti pada Gambar 3. Beberapa hal yang penulis lakukan adalah:

- Kolom dengan nilai data numerik seperti original amount, original balance penulis ubah dan sesuaikan.
- Menghapus pemisah ribuan titik (.)
- Mengganti koma (*decimal*) dengan titik (.)
- Mengonversi nilai string menjadi tipe numerik menggunakan *pd.to_numeric*

```
# Membersihkan dan memformat data
numeric_columns = ['Original Amount', 'Original Balance', 'Converted Amount', 'Converted Balance', 'Conversion rate']
for col in numeric_columns:
    data[col] = data[col].str.replace('.', '', regex=False) # Hapus pemisah ribuan
    data[col] = data[col].str.replace(',', '.', regex=False) # Ubah koma desimal menjadi titik
    data[col] = pd.to_numeric(data[col], errors='coerce') # Konversi ke numerik

data.info()
data.head()
```

Gambar 3. Pra-proses data untuk model KNN

```
# Feature engineering untuk kolom 'Date'
data['Date'] = pd.to_datetime(data['Date'], format='%d-%b-%y', errors='coerce')
data['Year'] = data['Date'].dt.year
data['Month'] = data['Date'].dt.month
data['Day'] = data['Date'].dt.day

data.head()
```

Gambar 4. Penyesuaian kolom waktu untuk model KNN

Pada Gambar 4, langkah yang dilakukan adalah pemformatan kolom *date* menjadi tipe data standar, kemudian membuat kolom baru yang digunakan untuk menampung

data *date* menjadi format terpisah yaitu *year*, *month*, *day/date*.

```
# Memilih fitur dan target
features = ['Original Balance', 'Converted Balance', 'Year', 'Month', 'Day']
X = data[features]
y = data['Original Amount']

# Menghapus baris dengan nilai NaN
X = X.dropna()
y = y.loc[X.index]
# menghapus kolom dengan nilai NaN
data = data.drop(columns=['Cheque No.'])

data.head()
```

Gambar 5. Memilih fitur untuk model KNN

Langkah pada Gambar 5 yang penulis lakukan adalah memilih fitur dan target yang akan digunakan. Fitur (x) merupakan kolom-kolom yang menjadi input untuk prediksi, sementara itu, Target (y) adalah kolom yang ingin diprediksi (pengeluaran nasabah).

```
# Membagi data menjadi set pelatihan dan pengujian
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

Gambar 6. Data latih dan data uji model KNN

Berdasarkan Gambar 6, penulis membagi dataset menjadi data latih dan uji dengan rasio tertentu, dengan 20% untuk data pengujian. Data latih digunakan untuk melatih model, dan data uji untuk mengevaluasi performa model. *Syntax* *random_state=42* berfungsi sebagai penjamin pembagian data yang sama setiap kali kode dijalankan.

```
# Membuat model K-Nearest Neighbors (KNN)
knn_model = KNeighborsRegressor(n_neighbors=5)
knn_model.fit(X_train, y_train)

# Melakukan prediksi
y_pred = knn_model.predict(X_test)
```

Gambar 7. Penerapan model KNN

Pada Gambar 7, proses pelatihan dilakukan menggunakan model KNN dengan menetapkan jumlah tetangga terdekat (k) sebagai parameter utama. Model kemudian dilatih menggunakan data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya, dan selanjutnya digunakan untuk melakukan prediksi terhadap data uji. Proses ini bertujuan untuk mengamati bagaimana pemilihan nilai k memengaruhi akurasi prediksi pengeluaran nasabah.

```
# Evaluasi model
mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print("Mean Absolute Error (MAE):", mae)
print("Mean Squared Error (MSE):", mse)
print("Root Mean Squared Error (RMSE):", rmse)

Mean Absolute Error (MAE): 24599637.220486406
Mean Squared Error (MSE): 3261509135390835.0
Root Mean Squared Error (RMSE): 57109623.84214096
```

Gambar 8. Evaluasi model KNN

Langkah pada Gambar 8, performa model dievaluasi menggunakan metrik:

- Mean Absolute Error (MAE) dimana rata-rata kesalahan absolut antara nilai sebenarnya dan prediksi diukur.
- Mean Squared Error (MSE) dimana rata-rata kuadrat kesalahan juga diukur.
- Root Mean Squared Error (RMSE) dimana akar dari MSE juga diukur, sering juga digunakan untuk menghasilkan interpretasi yang lebih mudah.

```
new_data = [[5000000, 205000000, 5200000, 24000000, 1.03]] # Contoh data baru
prediction = knn_model.predict(new_data)
print("Prediksi pengeluaran:", prediction)

Prediksi pengeluaran: [17252628.]
```

Gambar 9. Pengujian dengan data baru pada model KNN

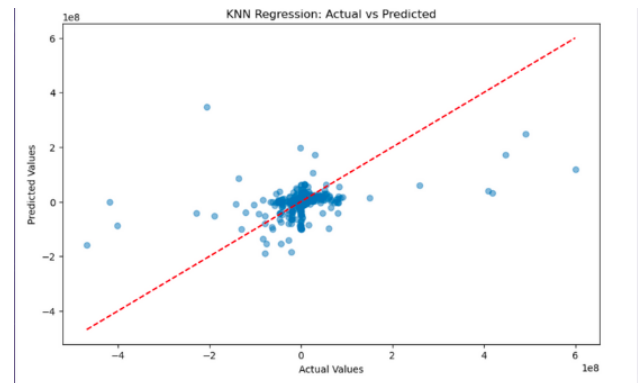
Pada Gambar 9, setelah pola prediksi diperoleh dari hasil pelatihan dan evaluasi model, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap data baru yang belum pernah digunakan sebelumnya. Data baru ini dimasukkan ke dalam model untuk melihat seberapa baik model dapat memprediksi pengeluaran berdasarkan pola yang telah dipelajari. Pengujian ini penting untuk mengukur kemampuan generalisasi model dalam menghadapi data dunia nyata. Hasil prediksi pada data baru kemudian dianalisis untuk memastikan bahwa performa model tetap konsisten dan dapat diandalkan dalam konteks penggunaan aktual di lingkungan perbankan.

```
# Visualisasi hasil prediksi vs nilai aktual (opsional)
import matplotlib.pyplot as plt
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(y_test, y_pred, alpha=0.5)
plt.plot([y_test.min(), y_test.max()], [y_test.min(), y_test.max()], '--r')
plt.xlabel("Actual Values")
plt.ylabel("Predicted Values")
plt.title("KNN Regression: Actual vs Predicted")
plt.savefig("knn_regression_actual_vs_predicted.png")
plt.show()
```

Gambar 10. Visualisasi hasil prediksi dengan KNN Regression

Untuk memahami sejauh mana akurasi model dalam melakukan prediksi, dilakukan visualisasi hasil prediksi dibandingkan dengan nilai aktual menggunakan model *K-Nearest Neighbors Regression* seperti pada Gambar 10.

Visualisasi ini ditampilkan pada Gambar 9, yang menunjukkan hubungan antara nilai pengeluaran yang diprediksi oleh model dan nilai pengeluaran aktual dari data uji. Grafik ini memberikan gambaran sejauh mana model mampu mengikuti pola data sebenarnya, serta membantu mengidentifikasi kemungkinan deviasi atau kesalahan prediksi yang terjadi. Hasil grafiknya seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik visualisasi model KNN

B. Decision Tree

Langkah selanjutnya yang penulis lakukan adalah melakukan pengujian menggunakan model *Decision Tree*. Langkah yang sama juga dilakukan seperti pada model KNN yaitu melakukan import dimana *library* *sklearn.tree* adalah melakukan import *DecisionTreeRegressor*

```
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.tree import DecisionTreeRegressor
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

# Load dataset (ganti path dengan lokasi dataset Anda)
dataset_path = "UAS_Dataset_bank_BCA.csv"
data = pd.read_csv(dataset_path, delimiter=';')

data.info() # Periksa tipe data
data.head()
```

Gambar 12. Import library DecisionTree dan dataset

Sebelum model *Decision Tree* diterapkan, langkah awal yang dilakukan adalah menampilkan tipe data dari setiap kolom dalam dataset untuk memastikan bahwa seluruh fitur memiliki format data yang sesuai dengan kebutuhan model. Pemeriksaan ini penting agar tidak terjadi kesalahan saat proses *training* atau prediksi. Selanjutnya, ditampilkan sebagian data dari dataset yang akan digunakan sebagai data uji seperti pada Gambar 13, guna memberikan gambaran mengenai struktur dan isi data yang digunakan dalam proses pengujian. Langkah ini juga membantu dalam memastikan bahwa data yang dimasukkan ke dalam model telah melalui proses *praproses* yang memadai dan siap untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan algoritma *Decision Tree Regression*.

```

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 5 rows entries, 0 to 4998
Data columns (total 11 columns):
 #   Column      Non-Null Count  Dtype
---  --
 0   SI. No.     4799 non-null    int64
 1   Bank Name   4799 non-null    object
 2   Account Number  4799 non-null    object
 3   Date        4799 non-null    object
 4   Cheque No.   0 non-null       float64
 5   Original Amount  4799 non-null    float64
 6   Original Balance  4799 non-null    float64
 7   Category     4799 non-null    object
 8   Converted Amount  4799 non-null    float64
 9   Converted Balance  4799 non-null    float64
10   Conversion rate  4799 non-null    float64
dtypes: float64(5), int64(1), object(4)
memory usage: 412.5+ KB

```

SI. No.	Bank Name	Account Number	Date	Cheque No.	Original Amount	Original Balance	Category	Converted Amount	Converted Balance	Conversion rate
0	2051	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	Nasabah B	30-Apr-23	NaN	-24510996.00	Loan	-24510996.00	3.408477e+08	1.0
1	2052	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	Nasabah B	30-Apr-23	NaN	10000000.00	Transfer from	10000000.00	3.508477e+08	1.0
2	2053	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	Nasabah B	30-Apr-23	NaN	1150000.00	Transfer from	1150000.00	3.519917e+08	1.0
3	2054	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	Nasabah B	30-Apr-23	NaN	6.80	Interest Correction	6.96	3.519917e+08	1.0
4	2055	Bank Central Asia (BCA) Indonesia	Nasabah B	30-Apr-23	NaN	1156.30	Interest	1156.30	3.519920e+08	1.0

Gambar 13. Hasil pembacaan dataset model *DecisionTree*

```

# Memeriksa dan memformat data
numeric_columns = ['Original Amount', 'Original Balance', 'Converted Amount', 'Converted Balance', 'Conversion rate']
for col in numeric_columns:
    data[col] = data[col].str.replace('.', '', regex=False) # Hapus pemisah ribuan
    data[col] = data[col].str.replace(',', '.', regex=False) # Ubah koma desimal menjadi titik
    data[col] = pd.to_numeric(data[col], errors='coerce') # Konversi ke numerik

data.info()
data.head()

```

Gambar 14. Pra-proses model *DecisionTree*

```

# Feature engineering untuk kolom 'Date'
data['Date'] = pd.to_datetime(data['Date'], format='%d-%b-%y', errors='coerce')
data['Year'] = data['Date'].dt.year
data['Month'] = data['Date'].dt.month
data['Day'] = data['Date'].dt.day

data.head()

```

Gambar 15. Penyesuaian kolom waktu untuk model *Decision Tree*

Pada Gambar 15, langkah yang dilakukan adalah peformatan kolom *date* menjadi tipe data standar, kemudian membuat kolom baru yang digunakan untuk menampung data *date* menjadi format terpisah yaitu *year*, *month*, *day/date*.

```

# Memilih fitur dan target
features = ['Original Balance', 'Converted Balance', 'Year', 'Month', 'Day']
X = data[features]
y = data['Original Amount']

# Menghapus baris dengan nilai NaN
X = X.dropna()
y = y.loc[X.index]
# menghapus kolom dengan nilai NaN
data = data.drop(columns=['Cheque No.'])

data.head()

```

Gambar 16. Pemilihan Fitur untuk Model *DecisionTree*

Langkah selanjutnya yang penulis lakukan seperti pada Gambar 16 yaitu menghapus Baris dan Kolom dengan Nilai NaN. Kemudian dipilih fitur dan target yang akan digunakan untuk pemodelan dengan *DecisionTree*. Sama seperti model KNN, Fitur (x) adalah kolom-kolom yang menjadi input untuk prediksi dan Target (y) adalah kolom yang ingin diprediksi (pengeluaran nasabah).

```

# Membagi data menjadi set pelatihan dan pengujian
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

```

Gambar 17. Data latih dan data uji model *Decision Tree*

Sama seperti pada model KNN, dataset pada model *Decision Tree* dibagi menjadi data latih dan uji dengan rasio <https://journal.paramadina.ac.id/index.php/jitc>

Artikel ini adalah artikel dengan akses terbuka, dilisensikan di bawah CC BY 4.0.



tertentu, dengan 20% untuk data pengujian. Data latih digunakan untuk melatih model, dan data uji untuk mengevaluasi performa model. Syntax `random_state=42` berfungsi sebagai penjamin pembagian data yang sama setiap kali kode dijalankan

```

# Membuat model Decision Tree
model = DecisionTreeRegressor(random_state=42)
model.fit(X_train, y_train)

```

DecisionTreeRegressor
DecisionTreeRegressor(random_state=42)

Gambar 18. Penerapan model *Decision Tree*

Pada Gambar 18, diterapkan model *Decision Tree* dengan library *DecisionTreeRegressor*. Library tersebut merupakan algoritma pohon keputusan yang digunakan untuk memprediksi nilai kontinu dalam permasalahan regresi. Berbeda dengan pohon keputusan pada klasifikasi yang menghasilkan label kelas, model ini membagi data ke dalam beberapa cabang berdasarkan nilai fitur, lalu memprediksi nilai output dengan menghitung rata-rata dari nilai target di setiap node akhir (daun). Pendekatan ini memungkinkan model menangkap hubungan non-linear antar variabel, serta memberikan interpretasi yang relatif mudah melalui visualisasi struktur pohon. Dalam konteks penelitian ini, *DecisionTreeRegressor* digunakan untuk memprediksi besarnya pengeluaran nasabah berdasarkan pola data historis yang tersedia.

Setelah model *DecisionTreeRegressor* dilatih menggunakan data latih, sama seperti pada model KNN, langkah selanjutnya adalah menerapkan model tersebut untuk melakukan prediksi terhadap data uji. Proses ini bertujuan untuk mengukur seberapa baik model mampu memproyeksikan nilai pengeluaran nasabah berdasarkan pola yang telah dipelajari selama pelatihan. Data uji yang digunakan merupakan data yang belum pernah dilihat oleh model sebelumnya, sehingga hasil prediksi mencerminkan kemampuan generalisasi model dalam menghadapi data baru. Nilai-nilai prediksi yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan nilai aktual untuk dievaluasi menggunakan metrik seperti MAE, MSE, dan RMSE seperti pada Gambar 19.

```

# Evaluasi model
mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print("Mean Absolute Error (MAE):", mae)
print("Mean Squared Error (MSE):", mse)
print("Root Mean Squared Error (RMSE):", rmse)

```

Mean Absolute Error (MAE): 25052514.445543807
Mean Squared Error (MSE): 7403220299476339.0
Root Mean Squared Error (RMSE): 86041968.24501598

Gambar 19. Evaluasi model *Decision Tree*

Sama seperti pada model KNN, pada Gambar 19, penulis melakukan evaluasi model *Decision Tree* menggunakan metrik *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE)

```
new_data = [[5000000, 205000000, 5200000, 24000000, 1.03]] # Contoh data baru
prediction = model.predict(new_data)
print("Prediksi pengeluaran:", prediction)

Prediksi pengeluaran: [95046000.]
```

Gambar 20. Uji data baru dengan model *Decision Tree*

Setelah model *DecisionTreeRegressor* berhasil dilatih dan dievaluasi menggunakan data uji, langkah selanjutnya adalah menguji model tersebut dengan data baru yang diinput secara manual. Data ini merepresentasikan kondisi nasabah atau transaksi baru yang belum pernah muncul dalam proses pelatihan maupun pengujian sebelumnya. Dengan memasukkan nilai-nilai fitur secara manual, model akan memproses input tersebut berdasarkan struktur pohon keputusan yang telah terbentuk, kemudian menghasilkan prediksi nilai pengeluaran. Pengujian ini bertujuan untuk melihat seberapa baik model dapat memberikan prediksi pada data yang benar-benar baru, serta menguji akurasi dan konsistensi model dalam penerapan dunia nyata. Sama seperti pada model KNN, terakhir, penulis juga melakukan visualisasi model *Decision Tree* dengan fungsi `plot_tree` seperti pada Gambar 21.

```
# Visualisasi Tree (optional)
from sklearn.tree import plot_tree
import matplotlib.pyplot as plt
plt.figure(figsize=(12, 8))
plot_tree(model, feature_names=features, filled=True)
plt.savefig("Decesion_tree_regression_actual_vs_predicted.png")
plt.show()
```

Gambar 21. Visualisasi model *Decision Tree*

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membandingkan kinerja dua model pembelajaran mesin, yaitu *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Decision Tree*, dalam memprediksi pengeluaran nasabah. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa Model KNN menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *Decision Tree* dalam hal akurasi dan presisi dalam memprediksi pengeluaran nasabah. Hal ini menunjukkan bahwa KNN lebih efisien dalam menangani data yang lebih kompleks dan memiliki distribusi yang lebih beragam. Namun, *Decision Tree* lebih cepat dalam proses pelatihan dan lebih mudah untuk dipahami, meskipun akurasi sedikit lebih rendah.

Hasil penelitian ini penting bagi praktisi dan peneliti yang ingin mengimplementasikan model pembelajaran mesin untuk analisis perilaku nasabah. Temuan ini memberikan wawasan tentang bagaimana memilih model yang tepat berdasarkan kriteria performa dan kebutuhan komputasi, serta dapat digunakan untuk pengembangan sistem prediksi pengeluaran di sektor keuangan.

Penelitian ini terbatas pada penggunaan dua model saja, sehingga penelitian lebih lanjut dapat mempertimbangkan model pembelajaran mesin lain, seperti *Random Forest* atau *Support Vector Machine*, untuk perbandingan kinerja yang lebih komprehensif. Selain itu, penelitian lanjutan dapat menyelidiki pengaruh fitur tambahan atau data yang lebih besar untuk meningkatkan akurasi model.

REFERENSI

- [1] aws, "Apa itu Machine Learning?," aws.com. Accessed: Jan. 11, 2025. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/id/what-is/machine-learning/>
- [2] S. Amir and Kusriani, "Prediksi Kebutuhan Nasabah Dengan Teknik Data Mining Dalam Mendukung Strategi Pemasaran Bank," *Jurnal Bangkit Indonesia*, vol. 7, no. 2, p. 40, 2018.
- [3] N. Nuraeni, "Klasifikasi Data Mining untuk Prediksi Potensi Nasabah dalam Membuat Deposito Berjangka Data Mining Classification for Predicting Customer Potential in Making Term Deposits," *Jurnal Ilmiah Intech: Information Technology Journal of UMUS*, vol. 3, no. 01, pp. 65–75, 2021.
- [4] N. M. Wasilah, "Penerapan Data Mining Untuk Menganalisis Kepuasan Konsumen Menggunakan Metode C4.5," vol. 5, no. 1, pp. 85–90, 2013.
- [5] R. Indah, O. Limabri, and A. Arif, "Reliya Indah Okta Limabri, Ferry Putrawansyah, Alfis Arif PENERAPAN DATA MINING UNTUK MENGLASIFIKASI NASABAH BANK SUMSEL BABEL MENGGUNAKAN ALGORITMA C4.5," *ESCAF 2nd2023*, pp. 1101–1108, 2023.
- [6] F. Febri, Hasbi Yallah, Muhammad Darwis, and Retno Henrowati, "Penerapan Algoritma Id3 Melalui Aplikasi Orange Untuk Prediksi Akurasi Akreditasi Sekolah Dasar Di Depok," *Jurnal Manajemen Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 131–141, 2024, doi: 10.36595/misi.v7i2.1199.
- [7] A. Suresh, "Prediction of major crop yields of Tamilnadu using K-means and Modified KNN," *2018 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, no. Icces, pp. 88–93, 2018.
- [8] M. Yusa, E. Utami, and E. Luthfi. Taufiq, "Evaluasi Performa Algoritma Klasifikasi Decision Tree Id3," *InfoSys Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 23–34, 2016.
- [9] A. Chakure, "Decision Tree Classification," *Toward Data Science*. [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/decision-tree-classification-de64fc4d5aac>
- [10] A. A. Suryanto, "Penerapan Metode Mean Absolute Error (Mea) Dalam Algoritma Regresi Linear Untuk Prediksi Produksi Padi," *Saintekbu*,

- vol. 11, no. 1, pp. 78–83, 2019, doi: 10.32764/saintekbu.v11i1.298.
- [11] Widiarti, R. R. Periw, and A. Sutrisno, “Perbandingan Mean Squared Error (MSE) Metode Prasad-Rao dan Jiang-Lahiri-Wan Pada Pendugaan Area Kecil,” *Seminar Nasional Teknoka*, vol. 2, no. 2502, pp. 56–60, 2017, [Online]. Available: <https://journal.uhamka.ac.id/index.php/teknoka/article/view/752/296>
- [12] E. K. Hendarwati, P. Lepong, and S. Suyitno, “Pemilihan Semivariogram Terbaik Berdasarkan Root Mean Square Error (RMSE) pada Data Spasial Eksplorasi Emas Awak Mas,” *Geosains Kutai Basin*, vol. 6, no. 1, p. 47, 2023, doi: 10.30872/geofisunmul.v6i1.1072.
- [13] dicoding intern, “Apa itu Machine Learning? Beserta Pengertian dan Cara Kerjanya,” *dicoding.com*. Accessed: Jan. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.dicoding.com/blog/machine-learning-adalah/>
- [14] IBM, “Apa algoritma k-tetangga terdekat (KNN)?,” *ibm.com*. Accessed: Jan. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/id-id/topics/knn>
- [15] Siti Khadijah Azzukhruf Firdausi, “Decision Tree: Pengertian, Manfaat, Plus-Minus, & Contohnya,” *dibimbing.id*. Accessed: Jan. 11, 2025. [Online]. Available: <https://dibimbing.id/blog/detail/decision-tree-pengertian-manfaat-plus-minus-contohnya>

Virtual Reality sebagai Media Pembelajaran Interaktif pada Materi Tata Surya: Solusi Edukasi Modern di Era Pendidikan 5.0

Labibah Rohmah¹, Dina Surya Shahhilina², Danar Putra Wijaya³

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

Email: ¹202451182 @std.umk.ac.id, ²202251166@std.umk.ac.id, ³202451119@std.umk.ac.id

Abstrak - Penelitian ini menggunakan metode studi literatur untuk mengkaji pemanfaatan teknologi Virtual Reality (VR) sebagai media pembelajaran interaktif pada materi tata surya dalam konteks era Pendidikan 5.0. Data dikumpulkan dari Google Scholar dan database SINTA dengan fokus pada jurnal dan prosiding ilmiah dalam lima tahun terakhir. Proses seleksi literatur dilakukan melalui analisis abstrak, metode, dan kesimpulan untuk memastikan relevansi dan keakuratan informasi. Hasil kajian menunjukkan bahwa VR mampu menghadirkan visualisasi tiga dimensi yang imersif dan interaktif, sehingga meningkatkan keterlibatan dan efektivitas pembelajaran materi tata surya secara signifikan dibanding metode konvensional. Penggunaan VR sebagai solusi edukasi modern ini tidak hanya mempermudah pemahaman konsep-konsep kompleks, tetapi juga meningkatkan motivasi dan pengalaman belajar siswa. Implementasi VR dalam pembelajaran materi tata surya membutuhkan dukungan perangkat khusus seperti gawai dengan fitur gyroscope atau VR box agar optimal digunakan dalam lingkungan pendidikan yang adaptif dan inovatif.

Kata kunci: Virtual Reality, Media Pembelajaran Interaktif, Materi Tata Surya, Pendidikan 5.0, Efektivitas Pembelajaran.

Abstract - This research uses the literature study method to examine the utilization of Virtual Reality (VR) technology as an interactive learning media on solar system material in the context of the Education 5.0 era. Data were collected from Google Scholar and SINTA database with a focus on scientific journals and proceedings in the last five years. The literature selection process was carried out through abstract analysis, methods, and conclusions to ensure the relevance and accuracy of the information. The results of the study show that VR is able to present three-dimensional visualizations that are immersive and interactive, thus increasing the engagement and effectiveness of learning solar system material significantly compared to conventional methods. The use of VR as a modern educational solution not only facilitates understanding of complex concepts, but also increases student motivation and learning experience. The implementation of VR in learning solar system material requires the support of special devices such as devices with gyroscope features or VR boxes to be optimally used in an adaptive and innovative educational environment.

Keywords: Virtual Reality, Interactive Learning Media, Solar System Material, 5.0 Education, Learning Effectiveness.

I. PENDAHULUAN

Dunia pendidikan telah mengalami transformasi besar sebagai akibat dari kemajuan teknologi digital. Di era pendidikan 5.0, pendekatan pembelajaran tidak lagi terbatas pada metode konvensional. Sebaliknya, mereka menggunakan teknologi modern untuk membuat belajar lebih interaktif, kontekstual, dan personal. Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi digital dalam pendidikan juga mengalami perubahan yang besar. Seiring dengan perubahan ini, kebutuhan akan keahlian guru dalam mengajar meningkat. Guru sekarang bertindak sebagai fasilitator, jadi mereka harus memenuhi semua kebutuhan siswa agar proses belajar mereka berhasil [1]. Di era modern, guru harus mampu memanfaatkan teknologi dalam proses pembelajaran. Kemajuan teknologi ini sangat mempengaruhi keberlangsungan kehidupan manusia. Salah satunya VR adalah salah satu inovasi teknologi yang dapat mengubah pendidikan, dengan tampilan grafis yang semakin canggih mendukung kemajuan teknologi saat ini. VR memungkinkan pengguna berinteraksi secara imersif dengan lingkungan virtual yang menyerupai dunia nyata. Hal ini memungkinkan VR digunakan dalam bidang pendidikan untuk menghasilkan pengalaman belajar berdasarkan eksplorasi dan langsung [2]. Terutama berlaku untuk materi yang abstrak atau sulit divisualisasikan secara langsung, seperti materi tata surya. Karena keterbatasan media visual dan tidak adanya kesempatan langsung untuk melihat fenomena luar angkasa, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep astronomi. Dengan teknologi VR, mereka dapat menjelajahi ruang angkasa secara virtual dan melihat planet, orbit, gerakan rotasi, dan revolusi benda langit secara langsung dalam simulasi 3D [3]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [4] penggunaan media virtual dalam pembelajaran tata surya secara signifikan meningkatkan daya tarik siswa terhadap materi dan meningkatkan keterlibatan aktif mereka dalam kegiatan belajar. Selain itu, siswa memiliki pemahaman yang lebih akurat tentang posisi dan gerak planet dalam orbitnya. Ini membantu mereka mengatasi miskonsepsi yang sering terjadi dalam pembelajaran konvensional. VR mendukung pendekatan konstruktivisme, yaitu teori belajar yang menekankan bahwa pengalaman langsung dan interaksi aktif sangat penting untuk membangun pemahaman [5]. Dalam simulasi VR, siswa tidak hanya menjadi penerima informasi tetapi juga berpartisipasi dalam proses belajar. Hal ini berdampak pada kemampuan mereka untuk berpikir kritis dan menyimpan

informasi yang lebih baik. Sesuai dengan tujuan pendidikan 5.0, yang menekankan pada personalisasi pembelajaran, tim kerja, dan pemanfaatan teknologi cerdas untuk mendukung perkembangan karakter dan keterampilan abad 21, seperti literasi digital, berpikir kritis, dan kreativitas [6]. Lebih dari sekedar hiburan, kenyataan dari virtual kini menjadi solusi strategi untuk mengatasi tantangan pembelajaran di era digital, seperti keterbatasan ruang, waktu, dan sumber daya. Media VR juga menawarkan pendekatan kontekstual untuk pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), khususnya materi tata surya. Selain itu, VR mendorong pembelajaran aktif berbasis pengalaman, atau *experiential learning*, yang terbukti lebih efektif dibandingkan dengan metode ceramah [7]. Berdasarkan hal tersebut, bagaimana pemanfaatan VR sebagai media pembelajaran interaktif pada materi tata surya menjadi alternatif yang potensial dan relevan dalam menghadapi tantangan pendidikan modern di era pendidikan 5.0 ?. Rumusan ini menjadi landasan untuk mengkaji secara mendalam potensi integrasi VR dalam pembelajaran sains guna mendukung terciptanya proses belajar yang lebih kontekstual, adaptif, serta selaras dengan perkembangan teknologi dan tuntutan kompetensi yang terjadi di era pendidikan 5.0.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur. Metode ini mengkaji dari beberapa jurnal ilmiah, dan laporan penelitian yang relevan dengan penggunaan VR dalam konteks pendidikan. Studi literatur merupakan proses dimana peneliti mengkaji dan memahami serta mengevaluasi literatur dari penelitian terkait masalah yang diteliti [8]. Studi literatur memiliki tujuan untuk menggambarkan permasalahan dari informasi yang telah didapat [9].

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahapan pengumpulan dan seleksi literatur
Langkah awal dalam penelitian ini adalah melakukan penelusuran literatur melalui database ilmiah seperti Google Scholar dan SINTA, dengan menggunakan kata kunci: virtual reality, pembelajaran interaktif, tata surya, pendidikan 5.0, dan variabel sejenis. Adapun batasan waktu publikasi ditetapkan selama lima tahun terakhir (2019–2024) guna menjamin keterkinian data dan relevansi konteks penelitian.
Setelah dilakukan penelusuran awal, literatur yang diperoleh diseleksi berdasarkan beberapa kriteria inklusi [2], antara lain:
 - a. Memiliki topik utama yang berfokus pada pemanfaatan VR dalam pembelajaran sains, khususnya materi tata surya .
 - b. Memuat struktur sistematis yang mencakup abstrak, pendahuluan, metodologi, hasil, dan kesimpulan.
 - c. Merupakan artikel dari jurnal nasional maupun internasional yang telah melalui proses *peer-review*.
 - d. Menyajikan data atau analisis empiris yang dapat mendukung sintesis penelitian ini.

Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup [2] :

- a. Artikel populer non-ilmiah atau opini tanpa data pendukung.

- b. Studi dengan metode yang tidak relevan, seperti eksperimen non-pendidikan atau literatur non-akademik.
2. Teknik pengelompokan dan analisis literatur
Literatur yang lolos seleksi kemudian dikelompokkan berdasarkan tematik isi, untuk mempermudah proses sintesis dan interpretasi data. Adapun pengelompokan dilakukan ke dalam empat kategori utama, yaitu:
 - a. Karakteristik dan jenis teknologi VR dalam konteks pendidikan [8].
 - b. Manfaat dan keunggulan pedagogis penggunaan VR [10].
 - c. Studi implementasi dan hasil belajar menggunakan media VR [4].
 - d. Tantangan dan solusi dalam penerapan VR di lingkungan pendidikan [11].

Setelah dikelompokkan, masing-masing artikel dianalisis secara mendalam dengan membaca bagian abstrak, latar belakang, metode, serta hasil dan pembahasan. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola-pola temuan, kesenjangan penelitian, dan kontribusi akademik yang ditawarkan masing-masing studi.

3. Sintesis temuan dan penarikan kesimpulan
Setiap artikel yang telah diklasifikasikan dianalisis dengan mendalam melalui pembacaan kritis pada bagian abstrak, pendahuluan, metode, hasil, dan pembahasan [12]. Proses analisis ini bertujuan untuk menemukan pola temuan yang konsisten, kesenjangan riset, serta kontribusi ilmiah masing-masing studi.
Selanjutnya, dilakukan sintesis temuan literatur melalui pendekatan deskriptif-kritis guna mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber menjadi suatu narasi utuh. Sintesis ini memungkinkan peneliti untuk mengembangkan pemahaman yang komprehensif tentang efektivitas penggunaan VR sebagai media pembelajaran interaktif [13].

Kesimpulan dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan konvergensi temuan antar artikel yang menunjukkan bahwa teknologi VR berkontribusi signifikan dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa, keterlibatan belajar, serta motivasi belajar terhadap materi yang bersifat abstrak seperti sistem tata surya [14]. Dengan demikian, metode studi literatur dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai upaya pengumpulan informasi, tetapi juga sebagai sarana analitis untuk memformulasikan sintesis ilmiah yang mendukung argumen dan kesimpulan yang diambil secara sistematis.

III. HASIL DAN DISKUSI

- A. Transformasi pembelajaran di era Pendidikan 5.0
Pendidikan 5.0 merupakan respons terhadap Revolusi Industri 5.0 yang menekankan integrasi teknologi cerdas dengan nilai-nilai kemanusiaan. Fokusnya adalah menciptakan sistem pendidikan yang humanistik, personal, dan berbasis teknologi. Dalam kerangka ini, VR menjadi media pembelajaran yang sangat potensial karena mampu menjembatani kompleksitas materi dengan pengalaman belajar yang mendalam dan kontekstual. Penggunaan VR dalam pembelajaran tata surya mencerminkan semangat Pendidikan 5.0 karena menghadirkan lingkungan belajar yang kolaboratif,

adaptif, dan berpusat pada siswa. Simulasi tiga dimensi yang disediakan oleh VR mengubah paradigma pembelajaran dari tekstual menjadi eksperiensial, memungkinkan siswa untuk “belajar dengan mengalami langsung” materi pelajaran secara virtual.

B. Karakteristik dan jenis VR dalam pembelajaran

Teknologi VR memungkinkan interaksi dalam lingkungan digital yang meniru realitas secara visual, auditori, bahkan kinestetik. Dalam konteks pendidikan, VR terbagi menjadi tiga kategori:

1. *Non-Immersive* VR: Pengguna berinteraksi melalui layar komputer biasa tanpa perangkat khusus. Ini cocok digunakan untuk pengenalan awal terhadap konsep tata surya [2].
2. *Semi-Immersive* VR: Menggunakan proyeksi dan grafis tinggi untuk menciptakan pengalaman visual yang lebih nyata, seperti planetarium digital [3].
3. *Fully Immersive* VR: Mengandalkan perangkat *Head-Mounted Display* (HMD) dan sensor gerak untuk menciptakan pengalaman seolah-olah berada langsung di dalam sistem tata surya. Ini sangat efektif untuk pembelajaran berbasis eksplorasi dan observasi interaktif. Keunggulan utama VR dalam pendidikan adalah kemampuannya membangun realitas semu yang mendekati kenyataan, memungkinkan pembelajaran lebih konkret, menyenangkan, dan mudah dipahami [8].

C. Keunggulan VR sebagai media pembelajaran interaktif Berdasarkan hasil kajian literatur, VR memiliki sejumlah keunggulan strategis dalam konteks pembelajaran tata surya:

1. Visualisasi Konsep Abstrak secara Nyata
Materi tata surya umumnya bersifat abstrak dan sulit divisualisasikan dalam pembelajaran konvensional. Melalui VR, siswa dapat melihat skala planet, rotasi, revolusi, dan interaksi antar benda langit secara langsung dalam bentuk tiga dimensi, sehingga pemahaman menjadi lebih mendalam [14].
2. Meningkatkan Motivasi dan Keterlibatan Belajar
VR menstimulasi rasa ingin tahu siswa melalui pengalaman belajar yang menyenangkan dan interaktif. Keterlibatan aktif ini meningkatkan motivasi intrinsik serta membantu retensi informasi yang lebih lama [10]; [13].
3. Mendukung Pembelajaran Eksperiensial dan Mandiri
VR memungkinkan siswa untuk bereksperimen, mengeksplorasi, dan belajar mandiri sesuai gaya belajar masing-masing. Ini mendukung pendekatan pembelajaran diferensial dan personalisasi dalam Pendidikan 5.0 [12]; [15]. Simulasi Aman dan Repetitif Pembelajaran tentang tata surya melalui VR dapat diulang kapan saja tanpa risiko, berbeda dengan observasi nyata yang terbatas oleh kondisi cuaca dan alat. Hal ini memungkinkan latihan dan penguatan konsep secara fleksibel [11].

D. Implementasi VR pada materi tata surya

Studi implementasi menunjukkan bahwa penggunaan VR pada pembelajaran tata surya menghasilkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar. Siswa dapat berinteraksi dengan model 3D planet, memahami orbit, dan merasakan skala serta posisi relatif benda langit

dalam sistem surya. Selain itu, pembelajaran menjadi lebih menyenangkan dan tidak membosankan, karena disajikan dalam bentuk simulasi nyata yang atraktif. Penelitian yang dilakukan oleh [16] juga menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan VR lebih mampu mengingat konsep dan menerapkannya dalam konteks baru dibandingkan dengan siswa yang belajar menggunakan metode konvensional.

E. Tantangan dan solusi dalam penerapan VR

VR menawarkan berbagai manfaat dan implementasi dalam pembelajaran menghadapi beberapa tantangan:

1. Keterbatasan perangkat dan infrastruktur teknologi, terutama di daerah yang belum terjangkau akses internet cepat [4].
2. Kurangnya pelatihan bagi guru dalam mendesain dan mengintegrasikan konten VR ke dalam pembelajaran [9].
3. Biaya perangkat keras yang relatif tinggi untuk VR tipe *fully immersive* [3].

Namun, tantangan ini dapat diatasi melalui Kemitraan antara sekolah, pemerintah, dan sektor swasta untuk penyediaan teknologi, Pelatihan guru secara bertahap. Alternatif lain adalah memulai dari jenis VR yang lebih sederhana (*non-immersive*), kemudian bertahap mengembangkan ke versi yang lebih canggih.

F. Efektivitas penggunaan VR untuk media pembelajaran Berdasarkan kajian pustaka, pemanfaatan aplikasi tata surya yang berbasis VR terbukti sangat mendukung proses pembelajaran pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), khususnya dalam topik tata surya. Teknologi ini mampu meningkatkan minat belajar siswa serta menciptakan suasana pembelajaran yang lebih menarik dan menyenangkan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [17], ditemukan bahwa 97% peserta didik merasa sangat antusias saat belajar menggunakan media VR dan memberikan tanggapan yang sangat positif terhadap metode pembelajaran tersebut. Temuan ini menunjukkan bahwa VR memiliki potensi yang tinggi dalam membangun pengalaman belajar yang menyenangkan dan bernilai. [8] menegaskan bahwa VR meningkatkan keterlibatan siswa secara aktif, memberikan pendekatan pembelajaran yang inovatif, serta memungkinkan eksplorasi mandiri dan interaktif. Melalui simulasi visual, siswa dapat:

1. Mengamati pergerakan planet secara langsung,
2. Memahami lintasan orbit,
3. Mengenali karakteristik tiap benda langit secara konkret.

Selain itu, penggunaan VR dalam pembelajaran turut memberikan dampak positif terhadap daya ingat, fokus, dan pemahaman siswa terhadap materi. Interaksi langsung selama proses belajar menjadikan siswa lebih aktif, termotivasi, dan terlibat sepenuhnya. Oleh karena itu, penerapan teknologi VR dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pembelajaran sains seperti materi tata surya, merupakan inovasi penting yang patut dikembangkan untuk menciptakan pembelajaran yang lebih modern, menyenangkan, dan efektif.

IV. KESIMPULAN

VR terbukti menjadi media pembelajaran yang efektif dan inovatif dalam menyampaikan materi tata surya. Teknologi ini mampu meningkatkan pemahaman siswa melalui simulasi visual tiga dimensi yang interaktif, konkret, dan menyenangkan. VR juga mendukung pembelajaran mandiri serta mendorong keterlibatan aktif siswa, sejalan dengan prinsip Pendidikan 5.0 yang berfokus pada penggunaan teknologi untuk menciptakan pengalaman belajar yang adaptif dan bermakna. Kesimpulan ini diperoleh berdasarkan kajian terhadap berbagai jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu yang dianalisis menggunakan metode studi literatur. Meskipun terdapat tantangan seperti keterbatasan infrastruktur dan kurangnya pelatihan guru, VR tetap memiliki potensi besar sebagai solusi pembelajaran sains yang relevan di era digital, khususnya dalam topik-topik abstrak seperti sistem tata surya.

REFERENSI

- [1] Hadiprayogo, "Pengaruh Penerapan Kebijakan Pembelajaran Daring Terhadap Hasil Belajar Mahasiswa Di PG PAUD Universitas PGRI Argopuro Jember," *J. Dimensi Pendidik. Dan Pembelajaran*, vol. 11 no 1, 2023.
- [2] Setyaning Tyas, Hafid Setyo Hadi, and Dhiya Ubadah, "Perancangan VRPlanetary: Aplikasi Virtual Reality untuk Edukasi Tata Surya yang Imersif," *J. Innov. Res. Knowl.*, vol. 4 nomor 9, pp. 7027–7044, 2025.
- [3] Fendi Aji Purnomo, Sastri Jendra Ayuningrat, Yoana Lukitasari, and Arrofvianti Nurwhinda Kusuma, "Evaluasi Media Pembelajaran Interaktif Pengenalan Tata Surya dengan Teknologi Augmented Reality dan Virtual Reality," *Teknodika*, vol. 18 nomor 1, 2020.
- [4] E. Rohyadi, U. Jamaludin, D. Riani, and E. Fitriani, "Penerapan Media Pembelajaran Virtual Reality (3D) Pada Materi Tata Surya di Kelas 6 SDN Banjar Agung 2 Kota Serang," *Kalam Cendekia J. Ilm. Kependidikan*, vol. 13 nomor 1, 2023.
- [5] Abdussalam, Sulthoni, and Munzil, "Media Virtual Reality Tata Surya untuk Meningkatkan Kemampuan Retensi," *J. Pendidik. Teori Penelit. Dan Pengemb.*, vol. 3 nomor 9, pp. 123–130, 2020.
- [6] Yuliana, "Pendidikan 5.0: Transformasi Pendidikan Menuju Society 5.0," *J. Pendidik. Dan Teknol.*, vol. 2 nomor 1, pp. 15–22, 2021.
- [7] N. Dewi and Nurhayati, "Pengaruh Penggunaan Virtual Reality terhadap Pemahaman Konsep IPA Materi Tata Surya," *J. Inov. Pendidik. IPA*, vol. 8 nomor 1, pp. 201–209, 2022.
- [8] Nindya Filza Maharani, Debby Dhia Nadhira, Nabilla Rizanti, Naufal Al Mubarak, and Dicky Pratama, "Analisis Penerapan Teknologi Virtual Reality: Systematic Literature Review," *J. REIN REKAYASA Inform.*, vol. 1 No 1, pp. 46–51, 2024.
- [9] M. Azmi, H. Mansur, and A. Utama, "Potensi Pemanfaatan Virtual Reality Sebagai Media Pembelajaran Di Era Digital," *JDPP J. Dimensi Pendidik. Dan Pembelajaran*, vol. 12 no 1, pp. 211–226, 2024.
- [10] Menhard, M., "Enhancing student engagement through virtual reality in science education," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 72, pp. 150–165, 2024.
- [11] Permana, H., Nugroho, S., and Suryani, A., "Simulasi Pembelajaran Tata Surya Menggunakan Virtual Reality untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa," *J. Inov. Pendidik.*, vol. 7, pp. 89–97, 2019.
- [12] Yin, and H., "Personalized learning through virtual reality: a new approach in science education," *J. Educ. Technol.*, vol. 19, pp. 33–47, 2022.
- [13] Wulandari, W., Sari, F., and Rizky, D., "Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa melalui Penggunaan Virtual Reality dalam Pembelajaran IPA," *J. Teknol. Pendidik.*, vol. 14, pp. 77–85, 2022.
- [14] Supriadi, D and Hignasari, L., "Visualisasi Konsep Abstrak Tata Surya melalui Virtual Reality," *J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, pp. 102–109, 2019.
- [15] Diba, A., Prasetyo, A, and Novitasari, M., "Personalized learning through virtual reality: a new approach in science education," *J. Educ. Technol.*, vol. 19, pp. 33–47, 2023.
- [16] Charles, R., "The impact of virtual reality on students' understanding of solar system concepts," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 45, pp. 210–225, 2023.
- [17] Fitriya, L., Ramadhani, M., and Yuliani, D., "Pengaruh Media Virtual Reality terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa pada Materi Tata Surya," *J. Pendidik. Sains*, vol. 10, pp. 56–63, 2022.

Beyond the Screen: Transformasi Pembelajaran Anak Usia Dini Melalui Virtual Reality

Della Rizki Sonia

Program Studi Bisnis Digital, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Pakuan

Email: dellarizkisonia01@gmail.com

Abstrak - Ditengah perkembangan teknologi informasi yang sangat cepat, cara pembelajaran tradisional mulai beralih ke metode digital yang lebih interaktif dan mendalam. Anak-anak di usia dini merupakan kelompok yang sangat penting dalam pengembangan sumber daya manusia, sehingga penerapan metode pengajaran yang tepat menjadi kunci untuk mencapai keberhasilan pendidikan jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan teknologi Virtual Reality (VR) sebagai sarana edukatif yang dapat meningkatkan pembelajaran digital dan keterlibatan aktif anak selama proses belajar. Metodologi yang digunakan adalah kajian pustaka dan pengamatan awal terhadap minat belajar anak-anak usia dini melalui prototipe permainan edukasi VR sederhana yang berbasis 3D interaktif. Temuan awal menunjukkan bahwa pemanfaatan VR dapat meningkatkan konsentrasi, daya imajinasi, dan partisipasi anak dalam kegiatan pembelajaran. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa Virtual Reality memiliki potensi untuk menjadi pilihan inovatif dalam mendukung perubahan pendidikan anak usia dini, terutama dalam pengajaran materi yang bersifat visual dan kinestetik. Penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) nomor 4 dan 9.

Kata Kunci: Virtual Reality, anak usia dini, literasi digital, pembelajaran inovatif, Pendidikan

Abstract - In a time of swift technological progress, traditional learning methods are transitioning to more engaging and interactive digital formats. The early years of life represent a vital phase in human growth, which makes the selection of effective teaching strategies essential for fostering lasting learning achievements. This research seeks to investigate the application of Virtual Reality (VR) technology as a pedagogical resource to boost digital skills and involvement among preschool-aged children. The approach taken comprises a review of existing literature paired with initial observations utilizing a basic 3D VR educational game model. Preliminary findings suggest that the incorporation of VR can enhance children's concentration, creativity, and involvement in their educational experience. The research concludes that Virtual Reality has the potential to serve as a groundbreaking option for reshaping early childhood education, particularly in the presentation of visual and hands-on learning resources. This research supports the progress toward Sustainable Development Goals (SDGs) 4 and 9.

Keywords: Virtual Reality, early childhood, digital literacy, innovative learning, education

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam dua puluh tahun terakhir telah memicu munculnya berbagai inovasi di sektor pendidikan. Salah satu teknologi yang semakin mendapat perhatian ialah Virtual Reality (VR), yang merupakan teknologi yang dapat memberikan pengalaman visual tiga dimensi dan interaktif bagi penggunanya. Teknologi ini tidak hanya dimanfaatkan dalam dunia hiburan dan simulasi profesional, tetapi juga mulai diperhatikan sebagai metode pembelajaran yang efektif, terutama pada pendidikan anak usia dini. Anak-anak pada tahap awal perkembangan adalah kelompok yang mengalami kemajuan pesat dan memiliki rasa ingin tahu yang tinggi, sehingga memerlukan pendekatan pembelajaran yang menarik, menyenangkan, dan imersif [1].

Metode pengajaran tradisional, seperti penggunaan buku bergambar atau pemutaran video pendidikan, sering kali dipandang kurang efisien dalam menarik perhatian anak dan tidak mendukung keterlibatan aktif. Di pihak lain, VR menyediakan pengalaman belajar yang lebih mendalam, memungkinkan anak untuk "masuk" ke dalam dunia belajar virtual dan berinteraksi secara langsung dengan objek yang ada di dalamnya. Cara ini dianggap dapat meningkatkan perhatian, daya ingat informasi, serta mengembangkan imajinasi anak secara maksimal [2].

Beberapa riset mengindikasikan bahwa pemanfaatan VR dalam pendidikan anak memberikan efek yang menguntungkan terhadap pengembangan kemampuan kognitif dan sosial. Contohnya, studi yang dilakukan oleh Cheng et al. (2020) menunjukkan bahwa anak-anak yang menggunakan aplikasi VR pendidikan menunjukkan kemajuan dalam mengenal warna, bentuk, dan kemampuan berpikir spasial dibandingkan dengan anak-anak yang belajar melalui cara tradisional. Di samping itu, pengalaman belajar yang didukung VR juga memberikan efek emosional yang positif, seperti

meningkatnya motivasi dan rasa percaya diri anak saat menjelajahi materi pelajaran [3].

Namun, penggunaan VR dalam pendidikan anak usia dini di Indonesia masih sangat terbatas. Ada beberapa tantangan, seperti kurangnya infrastruktur teknologi, minimnya konten edukatif berbasis VR yang dibuat secara lokal, serta rendahnya tingkat literasi digital di kalangan guru dan orang tua. Menurut data dari UNESCO (2022), negara-negara yang telah mulai mengimplementasikan teknologi imersif dalam pendidikan dasar menunjukkan perbaikan yang signifikan dalam kualitas pengajaran [4]. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah strategis untuk menjajaki dan mengembangkan penggunaan VR sebagai alat untuk merevolusi pembelajaran anak usia dini di Indonesia.

Karya ini disusun untuk memberikan sumbangsih dalam menciptakan model pembelajaran yang baru dan responsif terhadap perkembangan digital. Dengan menggunakan pendekatan yang didukung oleh Virtual Reality, diharapkan proses pembelajaran untuk anak-anak di usia dini menjadi lebih efisien, menyenangkan, dan dapat meningkatkan literasi digital mereka sejak tahap awal. Ini sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs) poin 4 yang berfokus pada Pendidikan Berkualitas dan poin 9 yang berhubungan dengan Inovasi serta Infrastruktur.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan utama yang dikaji dalam karya tulis ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan media edukatif berbasis VR yang sesuai dengan kebutuhan perkembangan anak usia dini?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini untuk menjawab rumusan masalahnya adalah

1. Merancang media edukatif berbasis VR yang interaktif, ramah anak, dan sesuai dengan kebutuhan kurikulum PAUD.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan sumbangan yang signifikan dalam berbagai bidang, baik dari segi teori maupun praktik, sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan mampu menambah wawasan ilmiah tentang penggunaan

teknologi Virtual Reality dalam sektor pendidikan, terutama pada jenjang pendidikan anak usia dini. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan bisa menjadi dasar untuk mengembangkan teori atau model pembelajaran yang berdasarkan teknologi imersif yang sesuai dengan karakteristik perkembangan kognitif dan psikososial anak.

2. Manfaat Praktis

Temuan dari studi ini diharapkan menjadi acuan bagi para guru, pengembang alat belajar, serta pembuat keputusan dalam menciptakan dan menggunakan media pembelajaran berbasis Virtual Reality dengan cara yang efektif. Di samping itu, desain media VR yang disajikan dalam karya ini dapat berfungsi sebagai contoh awal yang praktis untuk digunakan di institusi pendidikan untuk anak usia dini.

3. Kegunaan Sosial

Dalam aspek sosial, studi ini berperan dalam meningkatkan mutu pendidikan dasar dengan cara yang menarik, interaktif, dan menggunakan teknologi. Dengan memperkenalkan literasi digital dari usia muda, diharapkan anak-anak di Indonesia dapat berkembang menjadi generasi yang tidak hanya terampil dalam teknologi, tetapi juga memiliki pemikiran kritis, kreatif, dan mampu beradaptasi dengan perkembangan zaman.

4. Kelebihan dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

Studi ini juga berkontribusi pada pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals), khususnya:

- SDG 4: Memastikan pendidikan yang berkualitas, inklusif, dan merata serta memperluas kesempatan untuk belajar sepanjang hayat.
- SDG 9: Mendorong inovasi serta pengembangan infrastruktur teknologi, termasuk dalam bidang pendidikan dasar.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan sifat eksploratif. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan fenomena empiris mengenai respon anak saat menggunakan media VR, seperti tingkat konsentrasi, ekspresi emosi, interaksi motorik, dan minat belajar. Sementara itu,

pendekatan kualitatif digunakan untuk menganalisis wawancara dengan guru dan orang tua mengenai manfaat serta tantangan dalam penerapan VR di PAUD. Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyusun instrumen penelitian (lembar observasi, panduan wawancara).
2. Melaksanakan uji coba media VR di kelas PAUD (deskriptif).
3. Melakukan wawancara semi-terstruktur dengan guru dan orang tua (kualitatif).
4. Menganalisis data dengan teknik analisis tematik (kualitatif).

Pendekatan ini dipilih karena isu yang dibahas berfokus pada pemahaman yang mendalam tentang proses dan efek penggunaan teknologi Virtual Reality (VR) dalam konteks pendidikan anak usia dini. Penelitian kualitatif memberikan kesempatan bagi peneliti untuk menyelidiki lebih dalam mengenai reaksi anak, pandangan pendidik, serta tantangan teknis dan sosial yang mungkin muncul selama penerapan media pembelajaran berbasis VR.

Selain itu, pendekatan eksploratif digunakan untuk mencari kemungkinan pemanfaatan teknologi VR sebagai alat pembelajaran yang masih jarang dikembangkan di Indonesia, terutama di level pendidikan anak usia dini (PAUD). Tujuan penelitian ini bukan untuk menguji hipotesis dengan cara statistik, tetapi untuk menjelaskan secara sistematis bagaimana media VR bisa diadaptasi untuk mendukung proses belajar anak-anak secara menyeluruh.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sebuah lembaga Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) swasta yang terletak di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Pemilihan lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan kemudahan akses, kesiapan lembaga dalam mengadopsi inovasi media pembelajaran, serta sikap terbuka pihak sekolah terhadap penggunaan teknologi. Penelitian ini dilakukan di salah satu PAUD swasta di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat, pada bulan Mei–Juli 2025. Penelitian terdiri atas tiga tahap utama:

1. Tahap Perencanaan dan Pengembangan Media: Mei 2025, pengembangan prototipe VR dilakukan di laboratorium komputer kampus menggunakan Unity 3D dan Google Cardboard SDK.
2. Tahap Implementasi dan Observasi Lapangan: Juni 2025, uji coba media VR dilaksanakan di kelas PAUD dengan pendampingan guru. Anak-anak menggunakan aplikasi VR dengan sesi belajar berdurasi 10–15 menit.
3. Tahap Evaluasi dan Pengumpulan Data Tambahan: Juni–Juli 2025, peneliti melakukan wawancara

semi-terstruktur dengan guru dan orang tua serta mencatat respons anak selama kegiatan berlangsung.

2.3 Subjek dan Objek Penelitian

Fokus utama dari penelitian ini adalah anak-anak yang berusia antara 5 hingga 6 tahun yang terdaftar di kelompok B di lembaga PAUD yang dijadikan tempat penelitian. Usia ini dipilih karena merupakan fase perkembangan yang penting dalam kemampuan bahasa, pemikiran simbolis, serta interaksi sosial yang aktif—sehingga dianggap sesuai untuk menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi interaktif seperti VR.

Objek dalam penelitian ini adalah media pembelajaran menggunakan Virtual Reality yang dirancang dengan tema edukatif dasar, seperti pengenalan warna, abjad, dan benda-benda di sekitar mereka. Penelitian ini difokuskan pada efektivitas, daya tarik, dan tingkat keterlibatan anak-anak terhadap media tersebut selama proses belajar berjalan.

2.4 Alat dan Perangkat Penelitian

Alat penelitian terdiri dari:

- **Prototipe Aplikasi VR Edukatif**
Dikembangkan dengan menggunakan perangkat lunak Unity 3D dan Google Cardboard SDK. Aplikasi ini dirancang untuk memperlihatkan lingkungan belajar virtual yang mengandung elemen interaktif berbasis suara dan animasi visual, yang disesuaikan dengan kemampuan serta kebutuhan anak-anak di usia dini.
- **Lembar Observasi Keterlibatan Anak**
Digunakan untuk mencatat ekspresi wajah, tingkat konsentrasi, gerakan motorik, serta interaksi verbal anak saat memanfaatkan media.
- **Panduan Wawancara**
Dikhususkan untuk guru dan orang tua guna memahami pandangan mereka tentang manfaat serta tantangan penggunaan media VR dalam proses pembelajaran.
- **Catatan Lapangan dan Dokumentasi**
Mencatat proses interaksi anak dengan media VR serta suasana pembelajaran yang berlangsung secara alami.

2.5 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi deskriptif, wawancara semi-terstruktur, dan studi literatur. Teknik purposive sampling digunakan untuk menentukan subjek penelitian, yaitu 10 anak usia 5–6 tahun yang tergabung dalam kelompok B di PAUD. Dari jumlah tersebut, 5 anak ditempatkan sebagai kelompok eksperimen yang menggunakan media VR, sedangkan 5 anak lainnya

menjadi kelompok kontrol dengan metode pembelajaran konvensional (menggunakan buku bergambar).

Observasi dilakukan untuk mencatat ekspresi wajah, tingkat konsentrasi, interaksi motorik, serta respons verbal anak. Wawancara dengan guru dan orang tua dilakukan untuk menggali persepsi mereka tentang manfaat serta kendala dalam penerapan VR. Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama berikut:

- **Observasi Langsung (Observasi Partisipatif)**
Peneliti mengamati langsung interaksi anak dengan media VR. Melalui proses ini, peneliti dapat menyaksikan bagaimana anak menanggapi pengalaman belajar, seberapa besar minat mereka, serta partisipasi aktif selama aktivitas berlangsung.
- **Wawancara Semi-Terstruktur**
Wawancara dilakukan dengan guru kelas dan orang tua untuk mendapatkan wawasan yang lebih dalam tentang efek penggunaan VR, kesiapan lembaga dalam menerima teknologi baru, dan potensi penerapan jangka panjang.
- **Studi Literatur**
Pelaksanaan ini bertujuan untuk memperkuat dasar teoritis, membandingkan dengan hasil riset sebelumnya, serta memastikan bahwa pengembangan media yang dilakukan relevan baik secara akademis maupun empiris.

2. 6 Metode Analisis Data

Data dianalisis dengan menggunakan pendekatan analisis tematik, yaitu mengategorikan data ke dalam tema-tema tertentu yang muncul selama sesi observasi dan wawancara. Proses analisis dilakukan melalui tiga langkah utama, yaitu:

- **Pengurangan Data**
Menyaring dan menyederhanakan data yang diterima untuk lebih fokus pada informasi yang berhubungan dengan tujuan penelitian.
- **Penyajian Data**
Menyusun data dalam bentuk deskripsi naratif, tabel, atau diagram untuk mempermudah proses interpretasi dan penarikan kesimpulan.
- **Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi**
Membuat kesimpulan berdasar pola yang ditemukan, dilanjutkan dengan verifikasi dengan membandingkan dengan literatur dan hasil temuan sebelumnya.

Metode ini dipilih agar hasil analisis tidak hanya menggambarkan fenomena yang teramati, tetapi juga memberikan pemahaman yang mendalam tentang

peluang dan tantangan penggunaan VR sebagai media pembelajaran untuk anak-anak usia dini.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain dan Fitur Prototipe Media VR

Media pembelajaran yang dibangun dalam penelitian ini berupa aplikasi interaktif dengan tema “Belajar Warna dan Huruf di Dunia Virtual.” Aplikasi ini dikembangkan menggunakan Unity 3D dan Google Cardboard SDK, sehingga dapat digunakan di perangkat Android yang standar dan kompatibel dengan kacamata VR sederhana (cardboard). Fitur utama dari aplikasi ini mencakup:

- **Lingkungan 3D yang interaktif:** Menyajikan taman yang penuh warna dengan berbagai objek alphabet, hewan, dan buah yang disertai label suara otomatis ketika disentuh oleh pengguna.
- **Penggunaan audio naratif:** Suara narasi dari wanita dewasa yang menjelaskan nama objek saat disentuh, membantu anak-anak untuk mengenali huruf dan warna melalui pengalaman audio-visual.
- **Kontrol menggunakan gerakan kepala:** Untuk memilih suatu objek, anak hanya perlu memfokuskan pandangan pada objek selama 3 detik.

Aplikasi ini dirancang dengan kesederhanaan, dengan waktu penggunaan yang dianjurkan adalah 10–15 menit per sesi untuk menghindari kelelahan mata pada anak.

3. 2 Hasil Uji Coba dan Observasi Lapangan

Dalam penelitian ini, terdapat 5 anak berusia 5-6 tahun yang dijadikan subjek untuk pengamatan, yang masing-masing mengikuti sesi belajar menggunakan VR selama 15 menit. Pengamatan difokuskan pada lima aspek partisipasi: fokus, ekspresi emosi, interaksi fisik, reaksi verbal, dan minat untuk mengulang sesi. Temuan disajikan secara kualitatif dan kuantitatif sebagai berikut:

Tabel 3.1 Hasil Observasi

Aspek Yang Diamati	Anak 1	Anak 2	Anak 3	Anak 4	Anak 5	Rata-rata %
Perhatian Visual	ya	ya	ya	ya	ya	100 %
Ekspresi antusias	ya	ya	ya	Tidak	ya	80 %

(senyum/teriakan)						
Interaksi motorik aktif	ya	ya	Tidak	ya	ya	80 %
Respons verbal spontan	ya	Tidak	ya	ya	ya	80 %
Ingin mengulang sesi	ya	ya	ya	ya	ya	100 %

Interpretasi:

- Seluruh anak-anak menunjukkan perhatian yang besar dan minat yang tinggi.
- Banyak anak terlibat aktif baik secara lisan maupun fisik.
- Tidak ada anak yang menunjukkan rasa takut atau kebingungan yang signifikan, meskipun satu anak (Anak 3) memerlukan waktu sekitar 2 menit untuk menyesuaikan diri dengan kacamata VR.

3.3 Tanggapan Guru dan Orang Tua

Dalam wawancara yang bersifat semi-terstruktur, guru kelas menjelaskan bahwa penggunaan media VR mampu mendorong keterlibatan aktif siswa, terutama bagi anak-anak yang biasanya kurang aktif dalam pembelajaran tradisional. Guru berpendapat bahwa elemen suara dan visualisasi objek dalam aplikasi sangat membantu anak dalam mengenali huruf dan warna dengan lebih cepat.

Seorang orang tua melaporkan bahwa anaknya berbagi pengalaman belajar dengan VR di rumah dan menunjukkan minat yang besar ketika diminta untuk menyebutkan huruf dan warna. Ini mengindikasikan adanya penerapan pembelajaran di luar lingkungan kelas.

3.4 Pembahasan dan Analisis Temuan

3.4.1 Keefektifan VR dalam Pendidikan Anak Usia Dini

Hasil penelitian mendukung teori pembelajaran melalui pengalaman Kolb (1984), yang menunjukkan bahwa anak-anak memperoleh pengetahuan dari pengalaman langsung [5] [6]. Teknologi VR memberi kesempatan kepada anak untuk merasakan konsep-konsep seperti huruf dan warna dalam suasana virtual yang konkret dan menarik [7] [8].

Hasil penelitian juga mengindikasikan bahwa pemakaian VR dapat memperbaiki pengenalan bentuk dan warna pada anak prasekolah hingga 30% lebih baik dibandingkan dengan metode pembelajaran menggunakan gambar dua dimensi [9] [10] [11]. Temuan ini sejalan dengan pengamatan dalam studi ini,

di mana anak-anak dengan cepat menghubungkan objek virtual dengan cerita yang ditawarkan.

3.4.2 Keterlibatan Emosional dan Kognitif Anak

VR menghadirkan lingkungan belajar yang menarik dan tanpa tekanan. Hal ini penting untuk anak-anak di usia awal, yang cenderung belajar dengan lebih baik dalam suasana yang menyenangkan dan tidak membosankan [12] [13] [14]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa VR memiliki kemampuan untuk menjadi sarana yang membantu meningkatkan fokus dan imajinasi anak [15].

3.5 Keterbatasan dan Tantangan Pelaksanaan

Walaupun hasilnya menjanjikan, ada beberapa hambatan dalam proses pelaksanaan:

- Biaya perangkat: Meskipun Google Cardboard terjangkau, keharusan memiliki ponsel tertentu dan dukungan teknis tetap menjadi tantangan di banyak lembaga PAUD.
- Durasi penggunaan yang ideal: Anak-anak di usia dini memiliki keterbatasan fisik dan perhatian. Waktu yang dianjurkan untuk sesi pembelajaran berbasis VR sebaiknya tidak lebih dari 15 menit.
- Diperlukan pelatihan untuk guru: Banyak guru di PAUD yang belum mengenal teknologi berbasis VR, sehingga pelatihan tentang penggunaannya sangat penting sebelum pelaksanaan secara luas.

3.6 Hubungan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

Studi ini berkontribusi pada:

- SDG 4 – Pendidikan Berkualitas: Dengan menyediakan akses ke alat pembelajaran yang inovatif untuk meningkatkan kualitas pengalaman belajar anak sejak usia dini.
- SDG 9 – Inovasi dan Infrastruktur: Melalui penerapan teknologi terdepan dalam bidang pendidikan dasar, terutama untuk kelompok yang rentan (anak-anak).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

Virtual Reality (VR) mempunyai potensi yang sangat besar untuk mendukung proses edukasi bagi anak-anak usia dini, khususnya dalam meningkatkan partisipasi belajar, kemampuan fokus, dan semangat anak terhadap materi yang

disajikan. Media pembelajaran yang mengadopsi teknologi VR dapat memberikan pengalaman belajar yang mendalam dan menyenangkan, sesuai dengan tahap perkembangan kognitif dan emosional anak.

Pengembangan media pendidikan yang berbasis VR dengan konten interaktif sederhana, seperti pengenalan huruf, warna, dan bentuk dasar, terbukti efektif dalam menarik minat anak dan memfasilitasi proses belajar yang aktif. Fitur-fitur seperti tampilan visual yang cerah, narasi suara, dan kontrol pandangan (gaze control) adalah bagian penting yang mendukung efektivitas pembelajaran.

Tanggapan positif dari siswa, guru, serta orang tua menunjukkan bahwa teknologi VR diterima dengan baik sebagai metode pembelajaran alternatif. Namun, pelaksanaannya memerlukan pendekatan adaptasi, seperti pengaturan waktu penggunaan, pengawasan oleh orang dewasa, serta pelatihan teknis untuk para pengajar.

Studi ini juga mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), terutama SDG 4 yang berfokus pada peningkatan kualitas pendidikan inklusif dan SDG 9 yang berhubungan dengan pengembangan inovasi teknologi di sektor pendidikan dasar.

4.2 Saran

Berdasarkan temuan dari studi ini, penulis mengajukan beberapa rekomendasi sebagai berikut:

- Untuk Lembaga Pendidikan (PAUD/TK):
Disarankan untuk mulai mempertimbangkan penerapan media berbasis VR sebagai pelengkap pembelajaran tradisional. Penggunaan VR dapat dilakukan secara rutin dalam sesi singkat dengan bantuan tenaga pengajar untuk memperkaya variasi metode pengajaran yang lebih menarik dan efektif.
- Untuk Pengembang Media Pembelajaran:
Perlu ada pengembangan lebih banyak konten lokal yang sesuai dengan kurikulum Indonesia dalam bentuk VR, dengan memperhatikan aspek ramah anak, kemudahan dalam navigasi, dan batasan durasi pemakaian. Kerja sama antara pengembang teknologi dan guru sangat penting untuk menciptakan media yang edukatif dan relevan.
- Untuk Pemerintah dan Pembuat Kebijakan:
Diperlukan dukungan berupa pelatihan bagi para guru, penyediaan perangkat sederhana (seperti Google

Cardboard), dan pengembangan kebijakan literasi digital sejak usia dini sebagai bagian dari perubahan pendidikan nasional.

- Untuk Penelitian Mendatang:

Diharapkan ada penelitian lebih lanjut dengan skala yang lebih besar, menggunakan pendekatan kuantitatif atau eksperimen terkontrol untuk menilai dampak jangka panjang dari penggunaan VR terhadap hasil belajar anak, serta pengaruhnya terhadap keterampilan sosial dan emosional.

REFERENSI

- [1] Santrock, J.W., 2011. *Child Development*. 13th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- [2] Parong, J. and Mayer, R.E., 2018. Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), pp.785–797.
- [3] Cheng, K.H., Tsai, C.C. and Lin, K.Y., 2020. Effects of immersive VR on concept learning in early childhood education. *Interactive Learning Environments*, 28(6), pp.712–726.
- [4] UNESCO, 2022. *Education for Sustainable Development: Learning to transform our world*. Paris: UNESCO.
- [5] Kolb, D.A., 1984. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [6] Merchant, Z., Goetz, E.T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. and Davis, T.J., 2014. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, pp.29–40.
- [7] Liu, D., Dede, C., Huang, R. and Richards, J., 2017. *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*. Singapore: Springer.
- [8] Puspitasari, R. and Mulyana, E., 2021. Pengaruh Virtual Reality dalam meningkatkan minat belajar anak usia dini. *Jurnal Pendidikan Usia Dini Indonesia*, 6(2), pp.55–61.
- [9] Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A. and Grover, D., 2014. Augmented Reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), pp.1–15.
- [10] Slater, M. and Sanchez-Vives, M.V., 2016. Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3(74), pp.1–22.
- [11] Mikropoulos, T.A. and Natsis, A., 2011. Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research. *Computers & Education*, 56(3), pp.769–780.
- [12] Wang, F. and Burton, J.K., 2013. Second Life in education: A review of publications from its launch to 2011. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), pp.357–371.
- [13] Yoon, S.A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C. and Tucker, S., 2013. Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to

- improve learning in a science museum. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 8(4), pp.347–362.
- [14] Johnson, L., Becker, S.A., Estrada, V. and Freeman, A., 2015. *NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition*. Austin, TX: The New Media Consortium.
- [15] Radianti, J., Majchrzak, T.A., Fromm, J. and Wohlgenannt, I., 2020. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.



Analisis Penyederhanaan Verifikasi Pembayaran Donasi di Yayasan GNOTA Berbasis Sistem Otomatis Xendit

Catherine^{1*}, Syahrani Agustina², Anisa Salsabila Aprisa³, Alfonsa Metafani Yaneke Massi⁴, Ego Umarella Tofani⁵

^{1*}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

³Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

⁴Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika

⁵Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Nusa Mandiri

Email: ¹catherinesurya0510@gmail.com, ²syahraniagustina971@gmail.com, ³anisa.aprila16@gmail.com,

⁴alfonsayane@gmail.com, ⁵egoumarella297@gmail.com

Abstrak - Efisiensi operasional dan transparansi akuntabilitas merupakan fondasi utama dalam menjaga kepercayaan publik terhadap organisasi nirlaba, namun Yayasan Gerakan Nasional Orang Tua Asuh (GNOTA) saat ini menghadapi tantangan signifikan dalam manajemen penerimaan dana akibat proses verifikasi donasi manual yang mewajibkan unggah bukti transfer dan rekonsiliasi visual, sehingga rentan terhadap kesalahan pencatatan (human error), risiko manipulasi, serta keterlambatan konfirmasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodernisasi alur kerja tersebut dengan merancang sistem verifikasi pembayaran otomatis yang terintegrasi dengan Payment Gateway Xendit, menggunakan pendekatan UML yang mencakup Use Case Diagram, Activity Diagram, dan Class Diagram untuk memvisualisasikan arsitektur sistem. Hasil perancangan menunjukkan bahwa solusi yang mengadopsi konsep STP dengan fitur Virtual Account dan Dynamic QRIS serta teknologi Webhook mampu mengubah model transaksi menjadi "pilih-bayar-selesai" dan memperbarui status pembayaran secara real-time tanpa intervensi manual. Kesimpulannya, integrasi sistem otomatis ini terbukti efektif memangkas birokrasi verifikasi, menjamin validitas data keuangan, serta memberikan pengalaman berdonasi yang instan, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya operasional dan memperkuat kredibilitas Yayasan GNOTA di era ekonomi digital.

Kata Kunci: Yayasan GNOTA, Payment Gateway, Xendit, Verifikasi Otomatis, QRIS.

Abstract - Operational efficiency and accountable transparency serve as the primary foundations for maintaining public trust in non-profit organizations. However, Yayasan Gerakan Nasional Orang Tua Asuh (GNOTA) currently faces significant challenges in managing fund receipts due to a manual donation verification process that necessitates the uploading of transfer proofs and visual reconciliation. This mechanism is deemed inefficient and vulnerable to recording errors (human error), manipulation risks, and confirmation delays. Consequently, this study aims to modernize this workflow by designing an automated payment verification system integrated with a third-party Payment Gateway, Xendit. The research utilizes a UML approach, encompassing Use Case Diagrams, Activity Diagrams, and Class Diagrams, to visualize the system

architecture. The design results demonstrate that the proposed solution, which adopts the STP concept utilizing Virtual Account features, Dynamic QRIS, and Webhook technology, successfully transforms the transaction model into a "select-pay-complete" flow and updates payment status in real-time without manual intervention. In conclusion, the integration of this automated system proves effective in streamlining verification bureaucracy, ensuring financial data validity, and providing an instant donation experience, which is expected to enhance operational cost efficiency and strengthen Yayasan GNOTA's credibility in the digital economy era.

Keywords: Yayasan GNOTA, Payment Gateway, Xendit, Automated Verification, QRIS.

I. PENDAHULUAN

Yayasan Gerakan Nasional Orang Tua Asuh (GNOTA) memiliki mandat strategis dalam menjembatani kepedulian masyarakat terhadap pendidikan anak asuh, namun efektivitas operasionalnya kini terhambat oleh mekanisme verifikasi donasi konvensional yang mewajibkan donatur melewati proses pengulangan mulai dari transfer manual hingga unggah bukti bayar di mana studi terkait pengelolaan donasi yayasan menunjukkan bahwa ketergantungan pada proses manual semacam ini menyebabkan transparansi laporan pertanggungjawaban menjadi sangat terbatas dan memakan waktu lama untuk menghasilkan laporan yang valid. Permasalahan administrasi ini tidak hanya menciptakan celah risiko human error dan potensi data donasi yang tidak teridentifikasi, tetapi juga menurunkan tingkat kepuasan donatur yang menuntut kecepatan layanan. Merespons urgensi tersebut, penelitian ini difokuskan untuk merombak arsitektur sistem donasi GNOTA dengan mengintegrasikan Payment Gateway Xendit guna mengubah pola pikir lapor bayar menjadi otomatis. Pendekatan modernisasi ini didukung oleh temuan riset yang menyatakan bahwa penggunaan platform penggalangan dana yang terintegrasi dengan payment gateway terbukti secara

signifikan mempermudah proses transaksi, meningkatkan keamanan, serta mendorong kepercayaan donatur terhadap kredibilitas lembaga pengelola. Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah merancang sistem otomatis yang menciptakan alur transaksi linear dan instan mulai dari validasi input data diri, pemilihan metode bayar yang beragam, hingga penerbitan kuitansi real-time untuk memangkas inefisiensi operasional sekaligus menjamin akuntabilitas dana pendidikan yang dihimpun.

II. KAJIAN TEORI

2.1. Profil Yayasan Lembaga Gerakan Nasional Orang Tua Asuh (GNOTA)

Yayasan Gerakan Nasional Orang Tua Asuh (GNOTA) adalah organisasi sosial nirlaba yang berdedikasi membantu anak-anak dari keluarga kurang mampu agar dapat menuntaskan pendidikan dasar 9 tahun. Sejak kiprahnya, GNOTA telah mendistribusikan jutaan paket bantuan pendidikan.

Visi dan Misi: GNOTA berperan sebagai jembatan yang menghubungkan kepedulian "Orang Tua Asuh" dengan kebutuhan "Anak Asuh". Program utamanya tidak hanya sekadar memberikan dana, tetapi memastikan anak asuh mendapatkan perlengkapan sekolah (seragam, sepatu, buku) agar mereka dapat bersekolah dengan layak.

Program Unggulan: Salah satu program andalannya adalah "Satu Demi Satu" (Index of Hope), di mana donatur individual dapat membiayai satu anak asuh secara spesifik untuk jangka waktu 3 tahun (SD) hingga 6 tahun. Selain itu, terdapat program "Gallery of Hope" yang menjual produk seni untuk penggalangan dana.

2.2. Xendit Payment Gateway

Xendit adalah infrastruktur pembayaran digital yang memungkinkan bisnis dan organisasi nirlaba menerima pembayaran dari berbagai saluran dengan satu pintu integrasi. Dalam konteks sistem informasi, Xendit bertindak sebagai middleware yang mengamankan dan memvalidasi transaksi [1].

Standar Keamanan Internasional: Xendit telah mengantongi sertifikasi PCI DSS Level 1 (Payment Card Industry Data Security Standard), standar keamanan tertinggi global untuk pemrosesan kartu kredit dan debit. Selain itu, Xendit juga tersertifikasi ISO 27001, yang menjamin standar manajemen keamanan informasi ketat dalam melindungi data sensitif donatur dari kebocoran. Fitur Utama untuk Donasi [2]:

1. Virtual Account (VA): Menyediakan nomor rekening unik untuk setiap donatur guna memudahkan identifikasi tanpa perlu cek mutasi manual.
2. QRIS (Quick Response Code Indonesian Standard): Standar kode QR nasional yang memungkinkan

GNOTA menerima pembayaran dari berbagai aplikasi e-wallet (seperti GoPay, OVO, DANA, LinkAja) dan aplikasi mobile banking manapun hanya dengan satu kode. Ini memberikan kemudahan akses "scan & donate" yang cepat bagi donatur [3].

2.3. Sistem Otomatisasi Pembayaran

Sistem yang dirancang dalam penelitian ini mengadopsi konsep Straight Through Processing (STP) dan Payment Automation [4].

1. Straight Through Processing (STP): Merupakan metode pemrosesan transaksi keuangan yang sepenuhnya elektronik tanpa intervensi manual. Dalam skema ini, data pembayaran mengalir langsung dari bank donatur ke sistem pembukuan GNOTA secara otomatis (seamless). Hal ini menghilangkan jeda waktu dan risiko kesalahan manusia (human error) yang biasa terjadi pada proses input data manual [5].
2. Mekanisme Webhook (Callback): Kunci dari otomatisasi ini adalah penggunaan Webhook. Webhook adalah sinyal otomatis yang dikirim oleh server Xendit ke server GNOTA segera setelah pembayaran berhasil. Ini memungkinkan sistem GNOTA untuk memverifikasi donasi secara real-time (detik itu juga) dan langsung menerbitkan kuitansi digital kepada donatur, menciptakan pengalaman "donasi instan" [6].
3. Efisiensi Operasional: Penerapan otomatisasi pembayaran terbukti dapat mengurangi beban kerja administratif, meminimalisir biaya operasional terkait pemrosesan data, dan meningkatkan transparansi keuangan organisasi secara signifikan.

2.4. Pihak Ketiga (Third Party) dalam Pembayaran

Menurut [7] Dalam arsitektur sistem pembayaran digital, istilah Pihak Ketiga (Third Party Payment Processor) merujuk pada entitas independen yang menjembatani proses transaksi keuangan antara pembayar (donatur) dan penerima (Yayasan GNOTA).

1. Peran Intermediari: Xendit bertindak sebagai pihak ketiga yang mengelola kompleksitas teknis koneksi ke berbagai bank dan lembaga keuangan. Dengan adanya pihak ketiga ini, Yayasan GNOTA tidak perlu membangun kerjasama teknis satu per satu dengan Bank Mandiri, BCA, atau OVO, melainkan cukup melalui satu pintu integrasi Xendit.
2. Kepatuhan Regulasi: Sebagai pihak ketiga resmi, Xendit beroperasi di bawah regulasi Bank Indonesia sebagai Penyedia Jasa Pembayaran (PJP). Hal ini memberikan lapisan keamanan hukum bagi GNOTA, karena pengelolaan dana dan data transaksi dijamin sesuai standar perbankan nasional yang ketat, melindungi yayasan dari risiko kepatuhan (compliance risk).

3. Skalabilitas Teknis: Penggunaan layanan pihak ketiga memungkinkan sistem donasi GNOTA untuk lebih fleksibel (scalable). Jika GNOTA ingin menambahkan metode pembayaran baru di masa depan atau mengintegrasikan plugin tambahan (seperti WooCommerce atau Shopify), pihak ketiga telah menyediakan infrastruktur yang siap pakai (plug-and-play), sehingga yayasan dapat fokus pada misi sosial tanpa terbebani masalah teknis perbankan.

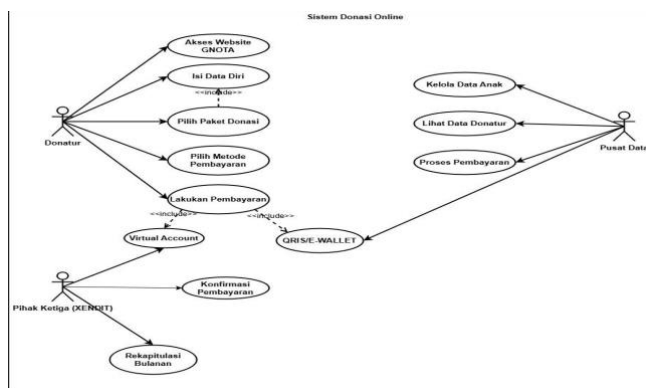
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem merupakan tahapan krusial untuk mentransformasikan kebutuhan pengguna menjadi desain teknis yang siap diimplementasikan. Pada penelitian ini, perancangan dilakukan menggunakan pendekatan berorientasi objek dengan standar *Unified Modeling Language* (UML) [8], yang mencakup visualisasi interaksi aktor (*Use Case*), alur kerja sistem (*Activity*), dan struktur data (*Class Diagram*) guna memastikan alur data yang valid dan efisien sebelum masuk ke tahap pengkodean [9].

3.1.1 Analisis Use Case Diagram

Berdasarkan analisis kebutuhan aktor, diagram Use Case sistem donasi GNOTA yang baru dirancang dengan melibatkan tiga aktor utama yang saling berinteraksi dalam ekosistem donasi [10], yaitu:



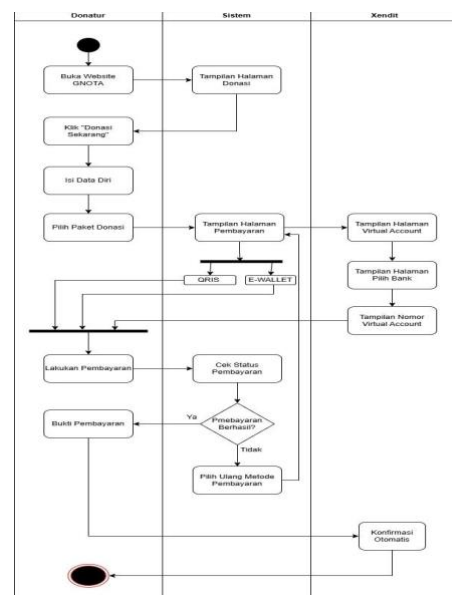
Gambar 3.1: Use Case Diagram Sistem Donasi Online

1. Aktor Donatur (Pengguna Utama)
 - a. Donatur adalah inisiator dalam sistem. Aktivitas utamanya dimulai dari Akses Website GNOTA, dilanjutkan dengan Isi Data Diri yang menjadi prasyarat (include) untuk Pilih Paket Donasi.
 - b. Donatur kemudian melakukan Pilih Metode Pembayaran dan Lakukan Pembayaran. Proses pembayaran ini secara spesifik mencakup penggunaan metode Virtual Account atau QRIS/E-Wallet, yang menandakan fleksibilitas sistem dalam mengakomodasi preferensi pengguna.

2. Aktor Pihak Ketiga (XENDIT):
 - a. Sebagai payment gateway, Xendit berperan vital dalam menangani aspek teknis pembayaran. Xendit terhubung langsung dengan Virtual Account dan QRIS/E-WALLET untuk memproses transaksi.
 - b. Peran krusial Xendit terlihat pada use case Konfirmasi Pembayaran dan Rekapitulasi Bulanan. Ini menggantikan peran admin manual dalam memverifikasi dana masuk, sehingga validasi terjadi secara sistematis dan otomatis.
3. Aktor Pusat Data (Admin Yayasan):
 - a. Pusat Data tidak lagi terlibat dalam verifikasi per transaksi. Fokusnya beralih ke manajemen strategis, yaitu Kelola Data Anak (penerima manfaat) dan Lihat Data Donatur.
 - b. Use case Proses Pembayaran pada sisi Pusat Data merujuk pada pemantauan arus kas masuk yang telah diverifikasi oleh Xendit, bukan lagi pencocokan manual bukti transfer.

3.1.2 Analisis Activity Diagram (Swimlane Flow)

Untuk memperjelas pembagian tugas dan tanggung jawab dalam proses transaksi, dirancang Activity Diagram model Swimlane yang memisahkan aktivitas menjadi tiga jalur: Donatur, Sistem GNOTA, dan Xendit.[11].



Gambar 3.2: Activity Diagram Sistem Donasi Otomatis.

Penjelasan Alur Activity Diagram:

1. Inisiasi (Donatur & Sistem)

Proses dimulai saat Donatur membuka website dan Sistem menampilkan halaman utama.

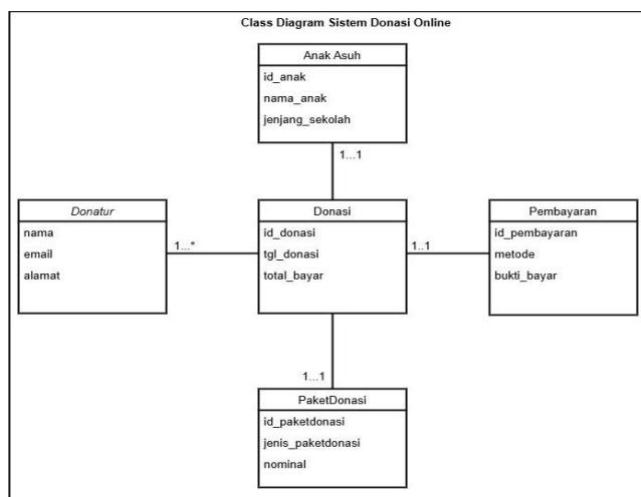
Interaksi berlanjut dengan Donatur mengklik "Donasi Sekarang", mengisi data diri, dan memilih paket donasi.

2. Percabangan Metode Pembayaran (Sistem & Xendit):
 - a. Jika memilih QRIS/E-Wallet, sistem internal GNOTA langsung memproses tampilan.
 - b. Jika memilih Virtual Account, sistem mendelegasikan tampilan ke Xendit untuk menampilkan daftar bank dan generate nomor VA unik.
3. Eksekusi & Verifikasi (Looping Logic):
 - a. Setelah Donatur melakukan pembayaran, Sistem secara otomatis melakukan "Cek Status Pembayaran" ke server Xendit.
 - b. Jika status Gagal/Pending, sistem mengembalikan user ke opsi "Pilih Ulang Metode Pembayaran" (Looping).
 - c. Jika status Berhasil, alur bercabang paralel: Sistem melakukan "Konfirmasi Otomatis" dan Donatur menerima "Bukti Pembayaran" (Kuitansi).

Desain swimlane ini membuktikan bahwa peran Xendit sangat krusial dalam menangani kompleksitas perbankan (VA/Bank Selection), sementara Sistem GNOTA fokus pada antarmuka pengguna dan logika bisnis donasi.

3.1.3 Analisis Class Diagram

Class Diagram di bawah ini dirancang untuk merepresentasikan struktur basis data sistem donasi yang terpusat. Diagram ini menggunakan model *star schema* sederhana di mana kelas Donasi menjadi tabel fakta (pusat) yang menghubungkan entitas-entitas lain [10].



Gambar 3.3: Class Diagram Sistem Donasi Online

Penjelasan Elemen Class Diagram:

1. Class Donasi : Kelas inti yang menyimpan rekam jejak transaksi. Fungsi utamanya adalah

menghubungkan donatur dengan paket yang dipilih dan anak asuh yang dibantu.

2. Class Donatur : Berfungsi menyimpan identitas penyumbang. Memiliki relasi di mana satu donatur dapat melakukan banyak donasi (1..*), sehingga riwayat donasi tersimpan rapi.
3. Class Anak Asuh : Merepresentasikan penerima manfaat bantuan. Setiap donasi dikaitkan dengan satu anak asuh (1..1) atau satu kelompok anak asuh untuk memastikan dana tersalurkan tepat sasaran.
4. Class Paket Donasi : Berisi opsi donasi yang tersedia di sistem. Relasinya memastikan nominal yang masuk sesuai dengan standar paket yang ditetapkan yayasan.
5. Class Pembayaran : Menangani detail teknis pembayaran via Xendit. Relasinya adalah satu donasi memiliki satu catatan pembayaran (1..1). Jika pembayaran gagal, sistem akan meminta transaksi baru guna menjaga integritas data keuangan.

3.2. Hasil Implementasi Antarmuka Sistem

Implementasi desain di atas menghasilkan antarmuka pengguna berbasis web berikut adalah mockup dari sistem yang diusulkan [12]:

1 Halaman Data Diri Donatur

The mockup shows a web interface for the 'Paket Donasi' section. It includes a navigation bar with links: Beranda, Tentang Gnota, Paket Donasi (active), Orang Tua Asuh, and Anak Asuh. Below the navigation bar is a progress indicator with four steps: 1 (active), 2, 3, and 4. The main content area is titled 'Data Diri' and contains three input fields: 'Nama Lengkap' (Masukkan Nama Lengkap), 'Email' (Masukkan Email), and 'No.Telp' (Masukkan No.Telp). A 'Berikutnya' button is located at the bottom right of the form.

Gambar 3.4: Tampilan Halaman Input Data Diri Donatur

Pada tahap awal, sistem mewajibkan donatur untuk melengkapi identitas. Formulir ini dirancang sederhana untuk mempercepat proses, hanya meminta data esensial seperti Nama Lengkap, Email (untuk pengiriman bukti bayar), dan Nomor Telepon.

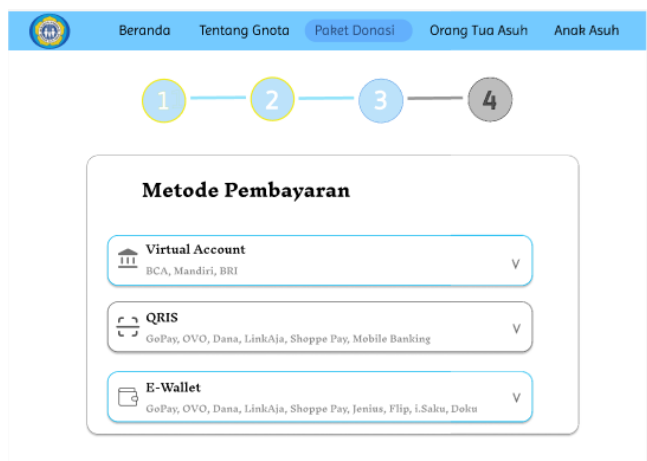
2 Halaman Pemilihan Paket Donasi



Gambar 3.5: Tampilan Pemilihan Paket Donasi

Sistem menampilkan opsi donasi yang terstruktur (Paket SD/SMP) lengkap dengan kalkulasi biaya berdasarkan durasi tahun ajar dan jumlah anak asuh. Hal ini memberikan transparansi total nominal yang harus dibayar donatur sebelum masuk ke menu pembayaran.

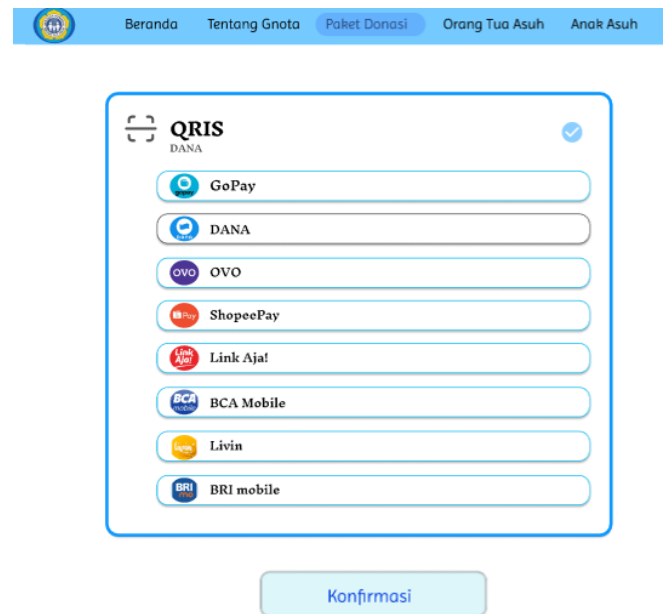
3 Halaman Metode Pembayaran (Integrasi Xendit)



Gambar 3.6: Tampilan Opsi Metode Pembayaran

Halaman ini adalah hasil integrasi dengan API Xendit, menampilkan ragam metode pembayaran modern seperti Virtual Account, QRIS, dan E-Wallet. Desain ini memudahkan donatur memilih kanal bayar yang paling nyaman bagi mereka.

4. Halaman Metode Pembayaran



Gambar 3.7: Tampilan Opsi Metode Pembayaran QRIS

sistem berhasil mengintegrasikan API pembayaran yang menampilkan opsi QRIS sebagai metode prioritas. Antarmuka ini secara spesifik menampilkan dukungan untuk berbagai penyedia dompet digital dan mobile banking terkemuka di Indonesia, meliputi GoPay, DANA, OVO, ShopeePay, LinkAja, serta aplikasi perbankan seperti BCA Mobile, Livin' by Mandiri, dan BRImo. Keberadaan tombol "Konfirmasi" di bagian bawah menegaskan bahwa donatur memiliki kontrol penuh untuk memverifikasi pilihan kanal pembayaran mereka sebelum kode bayar diterbitkan.

5. Tampilan QRIS Dinamis



Gambar 3.8: Tampilan Scan QRIS Dinamis

Setelah donatur melakukan konfirmasi, sistem menampilkan Dynamic QR Code. Tampilan ini memuat Nominal Spesifik Rp 252.500 yang terkunci untuk mencegah kesalahan input, informasi Batas Waktu demi keamanan sesi transaksi, serta tombol Unduh & Cek Status yang memudahkan donatur memantau proses verifikasi secara manual jika diperlukan.

6. Konfirmasi Sukses



Gambar 3.9: Bukti Transaksi Sukses (Kanan)

Selanjutnya menunjukkan halaman Transaksi Berhasil yang muncul secara otomatis setelah pembayaran terverifikasi Xendit. Halaman ini berfungsi sebagai kuitansi digital sah yang memuat detail krusial, di antaranya Status dengan centang hijau berketerangan Transaksi Berhasil, serta Rincian Teknis yang menampilkan ID Transaksi, Merchant Name (Xendit), Merchant PAN, dan Reference Retrieval Number. Data ini membuktikan bahwa transaksi telah terekonsiliasi di sistem perbankan secara real-time.

3.3 Analisis Dampak dan Otomatisasi

Analisis ini menunjukkan bahwa integrasi sistem otomatis [13] mampu mengubah alur donasi menjadi lebih ringkas dan *real-time*, menjamin validitas data keuangan, serta meningkatkan efisiensi biaya operasional yayasan secara signifikan dibandingkan metode manual.

3.3.1 Transformasi Alur Kerja

Tabel 1 Perbandingan Efisiensi Operasional

Aspek Perbandingan	Sistem Manual	Sistem Otomatis
Alur Proses	Transfer -> Foto Bukti -> Buka Email -> Kirim ke Email Pusat Data -> Pusat Data Cek Mutasi -> Pusat Data Balas.	Pilih Paket -> Lakukan Pembayaran -> Konfirmasi Otomatis.
Jumlah Langkah	6 Langkah	3 Langkah
Proses Verifikasi	Dilakukan secara manual oleh admin	Dilakukan secara otomatis oleh sistem

Waktu Konfirmasi	10 menit hingga 24 jam	Kurang dari 1 menit
Keterlibatan Admin	Cek mutasi dan balas pesan	Tanpa intervensi manual
Risiko Kesalahan	Human error, salah pencatatan	Validasi otomatis
Transparansi Status	Terbatas, harus menunggu konfirmasi admin	Real-time, status langsung diperbarui
Pengalaman Donatur	Kurang praktis dan memakan waktu	Cepat, mudah dan instan

Berdasarkan Tabel di atas, terlihat jelas bahwa sistem otomatis berbasis Xendit menawarkan keunggulan mutlak dibandingkan sistem manual, terutama dalam aspek efisiensi waktu yang terpankas dari hitungan jam menjadi detik (real-time) dan eliminasi peran admin dalam verifikasi, yang secara langsung berdampak pada peningkatan akurasi data serta kenyamanan pengalaman donatur

3.3.2 Keamanan dan Validitas Data

Penggunaan Virtual Account dan Dynamic QRIS pada sistem donasi terintegrasi mampu menutup celah terjadinya dana tak bertuan [14], [15], karena setiap transaksi secara otomatis diberikan ID transaksi unik oleh sistem payment gateway Xendit. Pada sistem manual, donatur kerap melakukan transfer dengan nominal yang sama tanpa mencantumkan keterangan, sehingga menyulitkan proses identifikasi dan pencocokan transaksi. Sebaliknya, pada sistem yang diusulkan, meskipun terdapat banyak donatur yang melakukan pembayaran dengan nominal identik secara bersamaan, sistem tetap dapat membedakan setiap transaksi secara akurat berdasarkan ID unik yang melekat pada Virtual Account atau QRIS, sehingga meningkatkan akurasi pencatatan, keamanan transaksi, dan keandalan laporan donasi.

3.3.3 Efisiensi Biaya Operasional

Meskipun penerapan payment gateway pihak ketiga seperti Xendit menimbulkan biaya layanan Merchant Discount Rate/MDR, hasil analisis menunjukkan adanya efisiensi biaya dalam jangka panjang. Biaya MDR yang relatif kecil, misalnya sekitar Rp4.000 atau $\pm 0,7\%$ untuk transaksi QRIS, dinilai lebih rendah dibandingkan biaya operasional per transaksi yang timbul dari kebutuhan sumber daya manusia, seperti gaji staf administrasi yang harus secara khusus melakukan pengecekan mutasi rekening dan menanggapi konfirmasi pembayaran secara manual. Dengan demikian, penggunaan sistem pembayaran terintegrasi tidak hanya meningkatkan efisiensi proses, tetapi juga lebih ekonomis dan berkelanjutan dari sisi biaya operasional [16].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa integrasi payment gateway Xendit berhasil mentransformasikan alur donasi GNOTA dari sistem manual yang cenderung lambat menjadi sistem digital yang bersifat real-time dan otomatis. Perancangan sistem dengan pendekatan UML, yang meliputi Use Case Diagram, Activity Diagram, dan Class Diagram, menghasilkan struktur sistem dan data yang terintegrasi serta mampu mendukung proses validasi pembayaran secara otomatis. Selain itu, implementasi antarmuka sistem yang dilengkapi dengan fitur QRIS dan kalkulator donasi terbukti mampu menyederhanakan pengalaman pengguna serta meningkatkan transparansi dan kemudahan dalam proses donasi.

Secara spesifik, kesimpulan penelitian ini meliputi:

1. Efisiensi Waktu: Pemangkasan durasi verifikasi dari hitungan jam (manual) menjadi kurang dari 1 menit (real-time).
2. Otomatisasi Penuh: Eliminasi intervensi admin dalam pencocokan data melalui mekanisme Webhook.
3. Kemudahan Akses: Fitur Dynamic QRIS menghilangkan risiko kesalahan input nominal dan mempermudah donatur mobile.

REFERENSI

- [1] F. Tafonao, S. Setyohadi, and N. N. Raslina, "Perancangan Website E-Commerce Untuk Fayucom Dengan Integrasi Payment Gateway Xendit Menggunakan Html, Css, Dan Javascript," *Jurnal Sosial Teknologi*, 2025.
- [2] S. Hayati and U. Lestari, "Strategi Pengumpulan Zakat Melalui Digital Quick Response Code Indonesian Standard (QRIS) Pada Baznas Provinsi Nusa Tenggara Barat," 2024.
- [3] Y. H. Saputra and A. Putri Nabila, "Pemanfaatan QRIS Dalam Donation Based Crowdfunding: Studi Pada Platform kitabisa.com," *Center of Economic Student Journal*, 2025.
- [4] S. Hasibuan Intan, "ANALISIS TRANSAKSI PEMBAYARAN NON TUNAI MENGGUNAKAN APLIKASI QRIS PADA MASYARAKAT KOTA SIBOLGA," 2022.
- [5] N. Marzuki, M. H. Barkah, S. Debora, and S. Rakhman, "Strategi Pengembangan Keterampilan Tenaga Kerja Dalam Menghadapi Digitalisasi Dan Automasi Di Perusahaan Asuransi," 2024.
- [6] Moh. A. Aris Widya and P. Airlangga, "Pengembangan Telegram Bot Engine Menggunakan Metode Webhook Dalam Rangka Peningkatan Waktu Layanan E-Government," *Saintekbu*, vol. 12, no. 2, pp. 13–22, 2020, doi: 10.32764/saintekbu.v12i2.884.
- [7] F. Ardiansyah, "RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI DONASI ONLINE DENGAN INTEGRASI PAYMENT GATEWAY UNTUK MEMPERMUDAH TRANSAKSI PENGGALANGAN DANA," 2025.
- [8] M. Firmansyah, N. A. Halim, and I. Imelda, "Sistem Prediksi Kelulusan Ujian Sertifikasi IT Dengan Metode Waterfall," *Jurnal Informatika & Teknologi Cerdas*, vol. 1, no. 1, pp. 21–26, 2025, doi: 10.51353/htthfb09.
- [9] I. H. Santi, "Analisa perancangan sistem," 2020.
- [10] S. Hanifa, W. Kusdiawan, and D. Supriadi, "PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENERIMAAN DAN PENGELUARAN DONASI BERBASIS WEB MENGGUNAKAN PHP & MYSQL (Studi Kasus Pada Lembaga Karawang Peduli)," *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 2021.
- [11] L. Fitriani and G. S. Sholihat, "Pengembangan Sistem Informasi Geografis Penggalangan Dana dan Donasi Berbasis Web," *Jurnal Algoritma*, 2021.
- [12] R. Japasima and M. Fauzib, "Implementasi Payment Gateway Midtrans Pada Sistem," *Jurnal JUREKSI (Jurnal Rekayasa Sistem)*, vol. 2, no. 3, pp. 1387–1400, 2024.
- [13] A. D. Kristanti and D. Setiyadi, "Sistem Pembayaran Otomatis Berbasis Contactless Smartcard dengan Teknologi RFID di Kantin SMK Taman Harapan Bekasi," *Journal of Students' Research in Computer Science*, vol. 2, no. 2, pp. 177–188, 2021, doi: 10.31599/jsrscs.v2i2.915.
- [14] D. N. Kristanty, "Tren dan Tantangan Keamanan Bertransaksi dengan Qris dalam Era Transformasi Sistem Pembayaran Digital," *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 5, no. 10, pp. 3923–3933, 2024, doi: 10.46799/jsa.v5i10.1538.
- [15] A. A. Ajhari, "Security Analysis of Quick Response Code Indonesian Standard (QRIS) Digital Payment System," *Jurnal Info Kripto*, vol. 18, no. 3, pp. 119–125, 2024.
- [16] A. Saputra and P. Meilina, "Otomatisasi Pembayaran Pada Aplikasi Rental Mobil Yafa Rent Car," *JUST IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 11, no. 3, pp. 1–6, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/article/view/13562>