



IMPLEMENTASI SISTEM KLASIFIKASI SAMPAH MENGGUNAKAN GOOGLE CLOUD PLATFORM DENGAN VERTEX AI

M. Baihaqi Alza¹, Amalia Rahmah²

¹Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri

²Bisnis Digital, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri

Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia 12640

mbai21229si@student.nurulfikri.ac.id, amaliarahmah@nurulfikri.ac.id

Abstract

This research aims to design and implement a cloud-based backend system for waste classification, utilizing services provided by Google Cloud Platform (GCP). The development focuses on using Cloud Run as a serverless platform for running backend APIs, AutoML Vision as a machine learning-based image classification model, and Cloud Firestore as a NoSQL database to store classification results. The system is backend-only, designed to receive image input, process it through a trained classification model, and automatically store the results in the database. The methodology employed in this study is Research and Development (R&D) with a quantitative data analysis approach. System testing was conducted using black-box testing and Postman API to verify that the system functions as intended. The evaluation involved measuring the classification accuracy of the AutoML Vision model, API response times, and data storage reliability in Firestore. The results show that the model successfully classified two waste categories (plastic and paper) with an accuracy of 90%, an average API response time of 1033 milliseconds, and consistent data storage without loss. The findings indicate that the developed backend system operates optimally and aligns with the research objectives. This system has the potential to be further developed into a cloud-based technological solution to support efficient and automated waste management.

Keywords: AutoML Vision, Backend, Google Cloud Platform, Information System, Waste Classification

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem *backend* klasifikasi sampah berbasis *cloud* menggunakan layanan Google Cloud Platform (GCP). Sistem ini fokus pada penggunaan Cloud Run sebagai layanan *serverless* untuk menjalankan API *backend*, AutoML Vision sebagai model klasifikasi gambar *machine learning*, serta Cloud Firestore sebagai basis data penyimpanan hasil klasifikasi. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan kuantitatif. Subjek penelitian berupa data gambar sampah kategori plastik dan kertas, dengan pengujian sistem dilakukan melalui *black-box testing* menggunakan Postman API untuk memastikan fungsi sistem berjalan sesuai rancangan. Analisis data meliputi pengukuran akurasi klasifikasi, waktu respons API, dan keberhasilan penyimpanan data. Hasil pengujian menunjukkan model klasifikasi mampu mengidentifikasi dua kategori sampah dengan akurasi 90%, waktu respons rata-rata 1033 milidetik, dan penyimpanan data berjalan konsisten. Kesimpulannya, sistem *backend* yang dikembangkan berjalan optimal dan dapat menjadi solusi berbasis *cloud* untuk pengelolaan sampah yang efisien dan otomatis. Rekomendasi pengembangan ke depan adalah integrasi dengan *frontend* untuk aplikasi yang lebih lengkap.

Kata kunci: AutoML Vision, Backend, Google Cloud Platform, Klasifikasi Sampah, Sistem informasi

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah merupakan salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh berbagai negara, termasuk Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi yang terus berkembang telah menyebabkan volume sampah meningkat signifikan setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

(KLHK), pada tahun 2020, Indonesia menghasilkan sekitar 67,8 juta ton sampah per tahun, atau setara dengan 185.753 ton per hari[1]. Produksi sampah ini menjadi masalah serius karena banyak wilayah yang belum memiliki sistem klasifikasi sampah yang efektif dan akurat. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, termasuk polusi udara, tanah, dan air, yang

berdampak buruk pada kesehatan masyarakat dan keseimbangan ekosistem, seperti daratan, lautan maupun udara sehingga kesehatan lingkungan menjadi tidak sehat dan baik[2].

Di era modern, teknologi berperan penting dalam menyediakan solusi inovatif terhadap berbagai permasalahan sosial dan lingkungan, termasuk dalam klasifikasi sampah. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah komputasi awan (*cloud computing*), yang memungkinkan pengolahan dan penyimpanan data secara terpusat, fleksibel, dan efisien tanpa memerlukan infrastruktur fisik yang kompleks[3]. Google Cloud Platform (GCP) sebagai penyedia layanan *cloud* menawarkan berbagai fitur unggulan, seperti Cloud Run untuk menjalankan *backend* berbasis *container* serta Firestore sebagai *database* NoSQL yang dapat diakses secara *real-time* dan mendukung skala horizontal[4].

Seiring perkembangan teknologi informasi, pendekatan konvensional dalam pengelolaan sampah mulai digantikan dengan sistem berbasis digital dan otomatisasi. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *cloud computing*, yang memungkinkan pengelolaan dan pemrosesan data secara fleksibel dan terpusat tanpa ketergantungan pada infrastruktur lokal[5]. Google Cloud Platform (GCP) adalah salah satu penyedia layanan *cloud* yang menawarkan solusi unggulan seperti Cloud Run untuk layanan *backend containerized*, Firestore sebagai *database real-time*, serta AutoML Vision yang mendukung klasifikasi gambar secara otomatis[6].

Klasifikasi sampah secara otomatis berbasis *machine learning* telah menjadi perhatian banyak peneliti dalam upaya menciptakan sistem yang efisien dan berkelanjutan. Teknologi AutoML Vision memungkinkan model dilatih tanpa perlu keahlian *deep learning* yang mendalam, sehingga cocok untuk implementasi praktis dalam klasifikasi citra sampah yang bersifat visual[7]. Penelitian sebelumnya menunjukkan keberhasilan penggunaan AutoML dalam klasifikasi objek visual seperti makanan, pakaian, dan wajah[8][9], namun implementasi secara spesifik untuk klasifikasi jenis sampah masih terbatas.

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan efektivitas pendekatan *cloud-based* untuk aplikasi klasifikasi citra dan sistem informasi lingkungan, integrasi sistem berbasis *cloud* dan AI terbukti meningkatkan efisiensi dalam pelaporan kondisi lingkungan secara *real-time*[10]. Selain itu penggunaan GCP untuk proyek analitik data lingkungan dapat mengurangi biaya infrastruktur dan meningkatkan skalabilitas sistem[11].

Namun demikian, masih terdapat kesenjangan penerapan teknologi tersebut pada sektor pengelolaan sampah secara langsung, khususnya pada sisi *backend* yang mendukung proses klasifikasi berbasis gambar[12]. Sistem yang ada cenderung fokus pada *frontend* atau antarmuka pengguna, sementara integrasi mendalam pada *backend* berbasis *cloud*

dan *machine learning* masih jarang diteliti secara menyeluruh[13]. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengisi celah tersebut.

Berdasarkan celah penelitian tersebut (*research gap*), penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem *backend* klasifikasi sampah berbasis GCP, dengan memanfaatkan integrasi layanan Cloud Run, Firestore, dan AutoML Vision[14]. Sistem dirancang untuk dapat menerima *input* gambar dari pengguna, melakukan klasifikasi otomatis melalui model yang telah dilatih, dan menyimpan hasilnya secara *real-time*. Implementasi sistem diuji menggunakan metode *black-box testing* dan dianalisis secara kuantitatif berdasarkan waktu respons, akurasi prediksi, dan keberhasilan penyimpanan data[15].

Tujuan dari penelitian ini adalah, pertama merancang dan mengimplementasikan sistem *backend* klasifikasi sampah menggunakan layanan Google Cloud Platform, khususnya Cloud Run dan Firestore. Kedua menerapkan teknologi AutoML Vision untuk klasifikasi jenis sampah berbasis gambar secara otomatis dan akurat.

Adapun manfaat penelitian ini secara teoritis adalah memberikan kontribusi literatur terhadap pengembangan sistem berbasis *cloud computing* untuk klasifikasi gambar, khususnya dalam konteks pengelolaan lingkungan. Sedangkan secara praktis, sistem yang dibangun diharapkan dapat menjadi solusi awal bagi lembaga pengelola sampah dalam mendukung sistem klasifikasi sampah otomatis dan terintegrasi secara digital.

Untuk memperjelas ruang lingkup, penelitian ini dibatasi pada penggunaan layanan Google Cloud Platform, khususnya Cloud Run dan Firestore sebagai layanan utama *backend*. Model klasifikasi dibatasi hanya menggunakan AutoML Vision untuk membedakan dua jenis sampah, yaitu plastik dan kertas, tanpa pengembangan model *machine learning* manual. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan antarmuka pengguna secara mendalam, serta tidak terintegrasi langsung dengan sistem pengelolaan sampah berbasis masyarakat atau pemerintah.

Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem yang dikembangkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan solusi klasifikasi sampah berbasis teknologi dan mendukung upaya digitalisasi lingkungan secara lebih luas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Research and Development* (R&D), yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *backend* klasifikasi sampah berbasis layanan *cloud* Google. Proses penelitian dilakukan secara bertahap, mulai dari analisis kebutuhan sistem, pengumpulan data, perancangan dan implementasi *backend*, hingga pengujian fungsionalitas dan evaluasi performa sistem.

2.1 Metode pengumpulan data, instrumen penelitian, dan metode pengujian

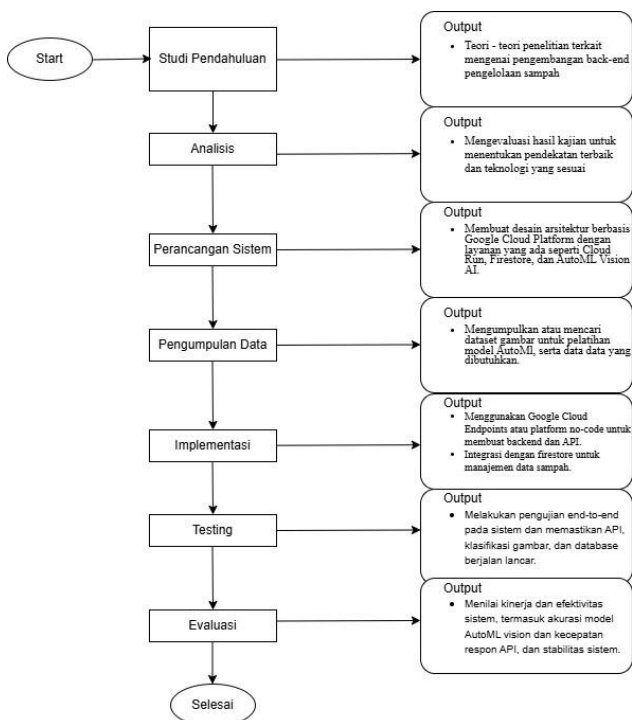
Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan *dataset* citra digital yang diperoleh dari platform publik (Kaggle) yang terdiri dari dua kategori utama yaitu, sampah plastik dan sampah kertas. Data tersebut digunakan sebagai data pelatihan dan validasi untuk model klasifikasi di AutoML Vision. *Dataset* disimpan terlebih dahulu ke dalam *bucket* Google Cloud Storage, lalu diimpor ke Vertex AI.

Adapun instrumen utama dalam penelitian ini meliputi, Layanan AutoML Vision untuk pelatihan dan penyajian model klasifikasi gambar. Cloud Run untuk implementasi *backend* berbasis *container* yang menerima *input* gambar melalui API. Firestore sebagai basis data untuk menyimpan hasil klasifikasi. Postman untuk pengujian *endpoint* API dan simulasi *request*.

Pengujian sistem dilakukan dengan metode *black-box testing*, yang berfokus pada fungsionalitas *endpoint* API, klasifikasi gambar, dan penyimpanan hasil. Selain itu, dilakukan juga pengujian respons waktu dan akurasi sistem berdasarkan hasil klasifikasi dan data *ground truth*. Analisis data dilakukan secara kuantitatif menggunakan statistik deskriptif, dengan fokus pada akurasi model, waktu respons API, dan tingkat keberhasilan penyimpanan data.

2.2 Tahapan penelitian

Pada Gambar 1 di bawah merupakan tahapan-tahapan penelitian disertai dengan hasil yang didapatkan pada setiap tahapan penelitian tersebut.



Gambar 1. Diagram Alir

a) Studi Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori dan studi literatur terkait pengembangan sistem klasifikasi sampah, teknologi *backend*, serta pemanfaatan *machine learning* dan layanan *cloud computing*. Studi ini menjadi dasar dalam merumuskan arah dan lingkup penelitian.

b) Analisis

Analisis dilakukan terhadap hasil studi pendahuluan untuk menentukan pendekatan teknis terbaik. Evaluasi dilakukan untuk memilih teknologi yang paling sesuai dalam membangun sistem, seperti layanan dari Google Cloud Platform yang dapat mendukung sistem klasifikasi otomatis.

c) Perancangan Sistem

Setelah pendekatan teknologi dipilih, tahap ini mencakup perancangan arsitektur sistem *backend* menggunakan layanan seperti Cloud Run, Firestore, dan AutoML Vision. Perancangan dilakukan agar sistem dapat mengelola alur data klasifikasi gambar dengan efisien dan terpusat.

d) Pengumpulan Data

Data berupa gambar sampah dikumpulkan untuk digunakan dalam proses pelatihan model AutoML Vision. *Dataset* disusun dalam dua kategori utama: plastik dan kertas. Proses ini juga mencakup persiapan dan validasi data agar sesuai dengan format *input* model.

e) Implementasi

Pada tahap ini, sistem *backend* dibangun dan *deploy* menggunakan Cloud Run. *Endpoint* API dikembangkan untuk menerima *input* berupa gambar, yang kemudian dikirim ke AutoML Vision untuk diklasifikasikan. Hasil klasifikasi akan otomatis disimpan ke dalam Firestore.

f) Testing

Pengujian dilakukan dengan pendekatan *black-box testing* menggunakan Postman. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa setiap fungsi sistem, mulai dari pengiriman gambar, klasifikasi, hingga penyimpanan data, berjalan dengan benar dan sesuai harapan.

g) Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur performa sistem secara kuantitatif, mencakup akurasi klasifikasi, waktu respons API, serta keberhasilan penyimpanan data ke Firestore. Evaluasi ini digunakan untuk menilai efektivitas penerapan layanan Google Cloud dalam sistem yang dibangun.

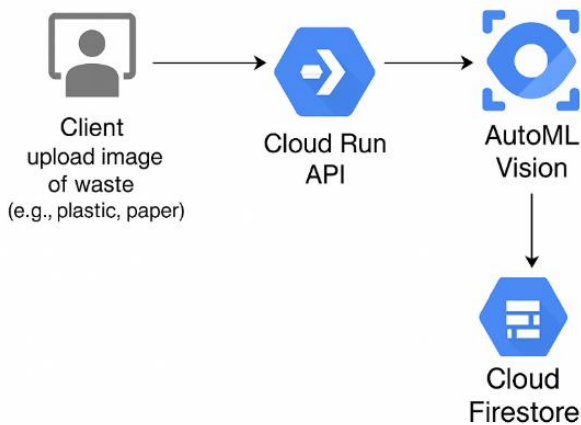
Setiap tahapan penelitian menghasilkan *output* yang saling mendukung, membentuk sistem klasifikasi sampah yang berbasis *cloud* dan dapat diterapkan pada skala yang lebih besar untuk mendukung pengelolaan sampah digital di masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil membangun sistem *backend* klasifikasi sampah berbasis *cloud* menggunakan layanan Google Cloud Platform (GCP) dengan mengintegrasikan Cloud Run, Firestore, dan AutoML Vision. Hasil implementasi dan pengujian sistem dijelaskan pada bagian ini, disertai dengan analisis terhadap akurasi klasifikasi, waktu respons API, dan keberhasilan penyimpanan ke Firestore. Setiap hasil yang diperoleh dijelaskan dengan narasi dan didukung oleh tabel serta gambar yang relevan.

3.1 Hasil Implementasi Sistem

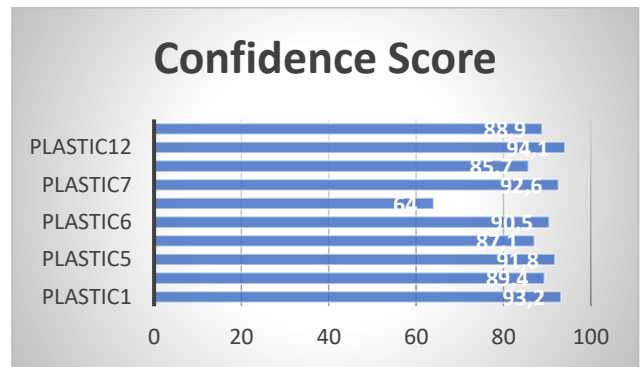
Sistem *backend* dibangun dengan menggunakan *framework* Flask dalam bahasa Python, kemudian di-*containerize* menggunakan Docker dan di-*deploy* ke Cloud Run. Endpoint utama adalah `/classify` yang menerima *input* berupa gambar, meneruskannya ke AutoML Vision untuk diklasifikasi, dan menyimpan hasil ke Firestore seperti pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Arsitektur Sistem

3.2 Hasil Pengujian Akurasi Model AutoML Vision

Model AutoML Vision diuji dengan gambar sampah dari dua kelas yaitu plastik dan kertas. Pengujian dilakukan dengan membandingkan label asli terhadap hasil prediksi model serta nilai *confidence score* yang dihasilkan.

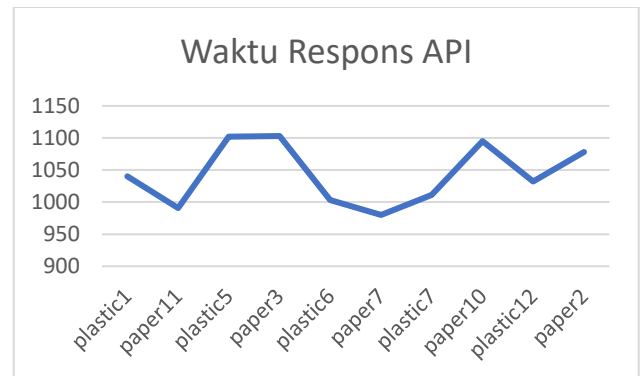


Gambar 3. Hasil Pengujian *Output* Klasifikasi AutoML Vision

Gambar 3 menunjukkan *confidence score* dari setiap hasil klasifikasi gambar. Nilai tertinggi dicapai pada gambar `plastic12.jpg` sebesar 94.1%, sedangkan nilai terendah terdapat pada gambar `paper7.jpg` dengan *confidence* 64.0%, yang juga merupakan satu-satunya kesalahan klasifikasi. Sebagian besar *confidence score* berada di atas 85%, menunjukkan bahwa model memiliki keyakinan tinggi terhadap hasil prediksinya.

3.3 Hasil Pengujian Respons API

Pengujian waktu respons dilakukan menggunakan Postman untuk mengukur seberapa cepat sistem merespons permintaan klasifikasi.

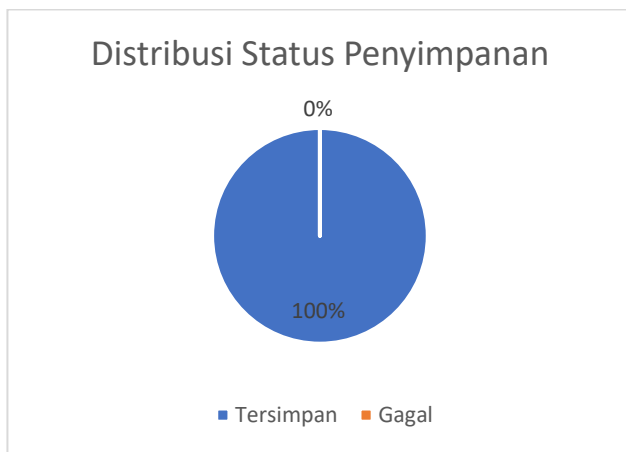


Gambar 4. Waktu Respons API

Gambar 4 memperlihatkan waktu respons sistem *backend* untuk setiap permintaan klasifikasi. Waktu rata-rata tercatat sekitar 1031 ms. Nilai waktu respons stabil, menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil klasifikasi secara konsisten di bawah 1.2 detik per permintaan.

3.4 Hasil Pengujian Penyimpanan Data di Firestore

Setiap hasil klasifikasi yang berhasil diproses oleh API dikirim ke Cloud Firestore.



Gambar 5. Status Penyimpanan

Gambar 5 menunjukkan bahwa semua hasil klasifikasi berhasil disimpan ke Firestore dengan status “Tersimpan”. Tidak ditemukan kegagalan penyimpanan selama proses pengujian berlangsung, membuktikan bahwa integrasi sistem *backend* dengan Firestore berjalan stabil dan konsisten.

3.5 Analisis dan Pembahasan

Hasil menunjukkan bahwa sistem berhasil memenuhi tujuan penelitian, yaitu membangun sistem *backend* klasifikasi sampah berbasis GCP yang mampu mengklasifikasi gambar dan menyimpan hasil secara otomatis. Dibandingkan penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada model klasifikasi, penelitian ini menambahkan aspek implementasi *end-to-end* berbasis *cloud*.

Kelebihan sistem ini adalah skalabilitas dan efisiensi dalam *deployment*, namun masih terdapat keterbatasan pada jumlah kelas yang dikenali (hanya plastik dan kertas) serta belum adanya antarmuka pengguna yang mempermudah akses oleh masyarakat umum. Langkah selanjutnya yang disarankan adalah pengembangan sistem dengan cakupan kelas sampah yang lebih banyak dan integrasi UI berbasis web atau *mobile*.

Dengan hasil ini, sistem dapat dikatakan berhasil mencapai target berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, serta memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi pengelolaan sampah berbasis *cloud computing*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan evaluasi sistem *backend* klasifikasi sampah berbasis Google Cloud Platform, dapat disimpulkan bahwa sistem *backend* berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan layanan Cloud Run sebagai pengelola *endpoint* API dan Cloud Firestore sebagai tempat penyimpanan data hasil klasifikasi, yang menjawab rumusan masalah pertama terkait perancangan sistem *backend* berbasis *cloud*. Teknologi AutoML Vision juga berhasil dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan jenis sampah berdasarkan gambar dari pengguna, dengan model yang mampu membedakan dua

kategori (*plastic* dan *paper*) dan mencapai akurasi sebesar 90%, menjawab rumusan masalah kedua. Evaluasi sistem menunjukkan waktu respons rata-rata API sebesar 1033 ms dan semua hasil klasifikasi berhasil tersimpan ke Firestore tanpa kegagalan, menandakan kestabilan dan efisiensi sistem dalam melakukan klasifikasi sampah secara otomatis dan *real-time*. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memiliki kinerja yang memuaskan dan berpotensi menjadi fondasi dalam pengembangan solusi klasifikasi sampah yang lebih kompleks di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] R. P. Sakti, U. Sulaeman, and A. Gafur, “Peran Mallsampah dalam efektivitas pengelolaan sampah (studi kasus di PT. Mallsampah Indonesia),” *Wind. Public Heal. J.*, vol. 2, no. 4, pp. 621–635, 2021, doi: 10.33096/woph.v2i4.217.
- [2] L. Puspa, J. Thaap, dan T. Darmi, “Analisis Kebijakan Pengelolaan Sampah pada Dinas Lingkungan Hidup,” *JOPPAS J. Public Policy Adm. Silampari*, vol. 2, no. 2, hal. 45–55, 2021, doi: 10.31539/joppa.v2i2.2083.
- [3] N. Ramsari dan A. Ginanjar, “Implementasi Infrastruktur Server Berbasis Cloud Computing Untuk Web Service Berbasis Teknologi Google Cloud Platform,” *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 7, no. August, 2022, doi: 10.28989/senatik.v7i0.472.
- [4] S. Usman dan K. Kison, “Tempat Sampah Pintar dengan Sistem Monitoring berbasis Cloud dan Pemilihan Rute Tercepat,” *Smart Comp Jurnalnya Orang Pint. Komput.*, vol. 12, no. 1, 2023, doi: 10.30591/smartcomp.v12i1.4589.
- [5] M. Bintang Irfansyah, S. Noor Arief, dan B. Satya Dian Nugraha, “Desain dan Arsitektur *Serverless Cloud computing* Pada Aplikasi Penghitung Kalori Makanan Berbasis Mobile Menggunakan Layanan Google Cloud Platform,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 4, hal. 6090–6097, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.10180.
- [6] J. S. Matondang, H. Sanjaya, dan ..., “Development of Google Earth Engine Fire Weather Index Calculator for Indonesian Fire Danger Rating System,” *IOP Conf. Ser. ...*, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/936/1/012040.
- [7] J. Nuariputri dan P. Sukmasetya, “Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Base ResNet-50,” *J. Ilm. Komputasi*, vol. 22, no. 3, hal. 379–386, 2023, doi: 10.32409/jikstik.22.3.3380.
- [8] H. S. Aprilianti *et al.*, “Identification and classification of *cloud computing*-based vegetation index values on several lands used in Bogor Regency, Indonesia,” *IOP Conf. Ser. Earth and Environmental Science*, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/918/1/012011.

- [9] S. G. Setyorini, "Application of The Nearest Neighbor Algorithm for Classification of Online Taxibike Sentiments In Indonesia In The Google Playstore Application," *J. Phys. Conf. Ser.*, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2049/1/012026.
- [10] A. P. Kurniawan *et al.*, "Performance Evaluation for Deploying Dockerized Web Application on AWS, GCP, and Azure," *2023 IEEE International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT)*, Jilin, China, 2023, pp. 346-350, doi: 10.1109/ICCECT57938.2023.10140775.
- [11] S. Setiawan dan A. Gui, "Faktor-Faktor Penentu Yang Mempengaruhi Adopsi *Cloud computing* Di Indonesia," *Infotech J. Technol. Inf.*, vol. 9, no. 1, hal. 1-8, 2023, doi: 10.37365/jti.v9i1.144.
- [12] Y. Muharam dan T. Hidayat, "Pengembangan Aplikasi Back-End E-Commerce Menggunakan Rest Api Golang untuk Optimalisasi Kinerja Server", *COMPUTING*, vol. 11, no. 01, pp. 7-13, Jun. 2024, doi: 10.55222/computing.v11i01.1479.
- [13] S. Sudianto, Y. Herdiyeni, dan L. B. Prasetyo, "Machine learning for sugarcane mapping based on segmentation in cloud platform," *AIP Conf. Proc.*, 2023.
- [14] M. Hafizin, "Perancangan dan Implementasi Api Pada Aplikasi Deteksi Mata Katarak Menggunakan Google Cloud Run," *Mars J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, hal. 172-180, 2024.
- [15] S. Dwiyatno, Sulistiyono, E. Rakhmat, dan S. Christina, "Perancangan Private Cloud Berbasis Infrastructure As a Service," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 8, no. 2, hal. 5-14, 2021, doi: 10.30656/prosisko.v8i2.3705.