

Rancangan Arsitektur Sistem Analisis Sentimen Kinerja POLRI Berbasis Cloud PaaS dan IndoBERT

Novantri Prasetya Putra^{1✉}

ovanjounin@student.telkomuniversity.ac.id¹

¹ Magister Sistem Informasi, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University, Indonesia

<p>Kata kunci: Analisis Sentimen, IndoBERT, AHP, Cloud Computing, PaaS, Kinerja POLRI</p>	<p>Abstrak</p>
<p>Dikirimkan: 15/12/2025</p>	<p>Pada era ini, kepercayaan publik terhadap institusi penegak hukum seperti POLRI sangat dipengaruhi oleh opini yang berkembang di media sosial. Namun, analisis terhadap data masif (Big Data) ini menghadapi dua tantangan utama yaitu keterbatasan metode klasik dalam memahami konteks bahasa Indonesia (seperti sarkasme dan bahasa gaul) serta tingginya kebutuhan sumber daya komputasi untuk menjalankan model Deep Learning. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah kerangka kerja sistem analisis sentimen terintegrasi yang tidak hanya akurat, tetapi juga efisien secara infrastruktur dan strategis dalam pengambilan keputusan. Metodologi penelitian ini menggabungkan model IndoBERT untuk klasifikasi teks kontekstual, metode Analytic Hierarchy Process (AHP) untuk pembobotan prioritas kinerja, dan arsitektur Cloud Platform as a Service (PaaS) sebagai lingkungan implementasi. Hasil penelitian ini berupa rancangan arsitektur sistem yang memanfaatkan layanan serverless dan GPU berbasis cloud untuk efisiensi biaya dan skalabilitas otomatis. Simulasi sistem menunjukkan bahwa integrasi IndoBERT mampu mendeteksi sentimen negatif terselubung, sementara AHP berhasil mentransformasi data sentimen menjadi daftar prioritas perbaikan yang dapat ditindaklanjuti (actionable insights). Penelitian ini menyimpulkan bahwa adopsi arsitektur berbasis Cloud PaaS adalah solusi paling layak (feasible) untuk mengimplementasikan model NLP mutakhir di lingkungan pemerintahan tanpa investasi perangkat keras yang masif.</p>
<p>Direvisi: 29/12/2025</p>	
<p>Diterima: 23/01/2025</p>	

Penulis Korespondensi:

Novantri Prasetya Putra

Sistem Informasi, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University, Indonesia

Jl. Telekomunikasi No. 1, Bandung Terusan Buahbatu - Bojongsoang, Sukapura, Kec. Dayeuhkolot, Kab. Bandung, Jawa Barat 40257, Indonesia

Email: ovanjounin@student.telkomuniversity.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam konteks negara demokrasi, kepercayaan publik merupakan elemen fundamental yang menentukan legitimasi dan efektivitas lembaga penegak hukum. Tanpa adanya kepercayaan masyarakat, fungsi penegakan hukum akan kehilangan otoritas moral dan sosialnya. Kinerja POLRI tidak hanya mencerminkan kemampuan institusi dalam melaksanakan tugas penegakan hukum, tetapi juga menjadi cerminan sejauh mana masyarakat menilai kualitas pelayanan dan profesionalisme aparat kepolisian. Dalam era reformasi birokrasi, muncul tuntutan yang semakin kuat terhadap penerapan prinsip akuntabilitas, transparansi, dan responsivitas publik sebagai bagian dari upaya mewujudkan tata kelola pemerintahan yang bersih dan berintegritas. Oleh karena itu, umpan balik masyarakat menjadi komponen esensial dalam proses evaluasi kinerja POLRI. Melalui penyerapan aspirasi, kritik, maupun apresiasi publik, institusi kepolisian dapat memperoleh masukan yang konstruktif guna melakukan perbaikan berkelanjutan, memperkuat profesionalisme, serta membangun kembali kepercayaan masyarakat sebagai dasar utama keberhasilan institusi POLRI (Asmoro & Riswadi, 2024).

Perkembangan teknologi informasi telah mengubah cara masyarakat menyampaikan opini terhadap institusi publik. Jika dahulu aspirasi disampaikan melalui media tradisional, kini media sosial seperti Twitter, Facebook, dan Instagram menjadi ruang diskusi digital yang masif dan real-time. Platform ini menghasilkan data berukuran besar, berkecepatan tinggi, dan tidak terstruktur sebagai karakteristik utama Big Data yang merefleksikan persepsi publik secara spontan. Namun, skala dan keragamannya membuat analisis manual tidak lagi memungkinkan. Karena itu, pendekatan komputasional berbasis Natural Language Processing (NLP) diperlukan untuk mengekstraksi makna dan sentimen dari opini digital tersebut. (Gumilang et al., 2024; Md Suhaimin et al., 2023). Seiring melimpahnya opini publik di media sosial, Analisis Sentimen menjadi solusi komputasional untuk mengekstraksi persepsi dari teks tidak terstruktur. Penelitian terdahulu banyak menggunakan metode klasik seperti Naïve Bayes, SVM, atau pendekatan lexicon-based. Namun demikian, metode-metode tersebut masih memiliki keterbatasan dalam menangani karakteristik khas bahasa Indonesia di media sosial seperti slang, sarkasme, konteks ganda, dan lahirnya ungkapan tidak baku (Geni et al., 2023; Leandro & Fianty, 2025).

Perkembangan teknologi informasi telah mengubah cara masyarakat menyampaikan opini terhadap institusi publik. Jika dahulu aspirasi disampaikan melalui media tradisional, kini media sosial seperti Twitter, Facebook, dan Instagram menjadi ruang diskusi digital yang masif dan real-time. Platform ini menghasilkan data berukuran besar, berkecepatan tinggi, dan tidak terstruktur sebagai karakteristik utama Big Data yang merefleksikan persepsi publik secara spontan. Namun, skala dan keragamannya membuat analisis manual tidak lagi memungkinkan. Karena itu, pendekatan komputasional berbasis Natural Language Processing (NLP) diperlukan untuk mengekstraksi makna dan sentimen dari opini digital tersebut. (Gumilang et al., 2024; Md Suhaimin et al., 2023). Seiring melimpahnya opini publik di media sosial, Analisis Sentimen menjadi solusi komputasional untuk mengekstraksi persepsi dari teks tidak terstruktur. Penelitian terdahulu banyak menggunakan metode klasik seperti Naïve Bayes, SVM, atau pendekatan lexicon-based. Namun demikian, metode-metode tersebut masih memiliki keterbatasan dalam menangani karakteristik khas bahasa Indonesia di media sosial seperti slang, sarkasme, konteks ganda, dan lahirnya ungkapan tidak baku (Geni et al., 2023; Leandro & Fianty, 2025).

Namun, meskipun IndoBERT menawarkan akurasi yang tinggi, implementasi model transformer berskala besar ini dalam lingkungan institusi publik menghadapi tantangan infrastruktur yang signifikan. Model seperti IndoBERT membutuhkan kapasitas komputasi tinggi, khususnya GPU atau TPU, serta memori besar untuk proses pelatihan dan inferensi. Penelitian terbaru (Hoffmann et al., 2022; Sanh et al., 2022) menunjukkan bahwa beban komputasi transformer meningkat secara eksponensial

terhadap ukuran model dan panjang input. Bagi institusi seperti POLRI, penggunaan server on-premise untuk kebutuhan tersebut tidak hanya mahal dari sisi investasi awal, tetapi juga memerlukan biaya pemeliharaan, listrik, pendingin, dan tenaga ahli yang tidak selalu tersedia. Hal ini menimbulkan kesenjangan antara kebutuhan model dan kemampuan infrastruktur tradisional untuk menjalankannya.

Dalam rangka menjawab tantangan infrastruktur yang muncul akibat penggunaan model-transformer besar seperti IndoBERT, peran infrastruktur sistem informasi modern menjadi semakin krusial. Layanan komputasi awan (cloud computing) melalui model-layanan seperti Platform as a Service (PaaS) dan Infrastructure as a Service (IaaS) menawarkan akses on-demand ke sumber daya komputasi tinggi seperti mesin virtual dengan GPU/TPU, dan lingkungan pelatihan model berskala besar tanpa memerlukan investasi awal yang besar dalam perangkat keras fisik di setiap organisasi. Studi terkini menunjukkan bahwa cloud computing telah menjadi kunci dalam “mendemokratisasi” penggunaan AI canggih, memungkinkan para peneliti maupun organisasi dengan sumber daya terbatas untuk melakukan pelatihan, pengujian, dan deployment model besar secara efisien dan layak secara biaya (Costa et al., 2024; Oluwatobi, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah arsitektur sistem berbasis cloud yang mendukung penerapan analisis sentimen IndoBERT-AHP serta menganalisis perbandingan keunggulan pendekatan PaaS dan IaaS dalam konteks pelatihan dan deploy model di institusi publik.

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu pendekatan kualitatif dengan metode Design Science Research (DSR) yang berfokus pada pengembangan hingga pengujian berupa rancangan arsitektur sistem. Tujuan utama metodologi ini adalah menghasilkan solusi inovatif untuk memecahkan masalah praktis, yaitu kompleksitas analisis sentimen kinerja POLRI yang membutuhkan akurasi tinggi dan efisiensi infrastruktur. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan

Tahap awal yang dilakukan Adalah dengan menganalisis literatur terkait tantangan analisis sentimen bahasa Indonesia dan kebutuhan infrastruktur komputasi modern.

Analisis Model Bahasa: Mengidentifikasi keunggulan model Pre-trained Language Model untuk menangani karakteristik bahasa informal, slang, dan sarkasme di media sosial. Berdasarkan studi literatur, model IndoBERT dipilih karena terbukti memberikan kinerja terbaik dalam memahami konteks bahasa Indonesia dibandingkan pendekatan tradisional.

Analisis Metode Keputusan: Mengidentifikasi metode pembobotan yang mampu mengubah data sentimen kualitatif menjadi prioritas kuantitatif. Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dipilih karena kemampuannya menangani struktur keputusan bertahap yang kompleks.

Analisis Infrastruktur: Mengevaluasi kebutuhan komputasi untuk menjalankan model. Studi menunjukkan bahwa Cloud Computing adalah solusi yang memungkinkan efisiensi biaya, sehingga analisis difokuskan pada perbandingan antara layanan Infrastructure as a Service (IaaS) dan Platform as a Service (PaaS).

Pengumpulan Data dan Sumber Data

Pemilihan platform media sosial Twitter (X) didasarkan pada karakteristiknya sebagai ruang diskusi publik yang real-time dan masif. Twitter menyediakan data yang padat informasi, dan sangat ideal untuk menangkap reaksi spontan masyarakat terhadap isu-isu penegakan hukum dan pelayanan publik. Data dirancang untuk ditarik menggunakan mekanisme streaming atau batch processing melalui layanan berbasis cloud.

Perancangan Kerangka Kerja Sistem (System Framework Design)

Pada tahap ini, dilakukan perancangan arsitektur terintegrasi yang menggabungkan tiga komponen utama:

Komponen Model (IndoBERT): Dirancang untuk melakukan klasifikasi sentimen.

Komponen Keputusan (AHP): Dirancang untuk memetakan hasil sentimen ke dalam kriteria kinerja POLRI (seperti Pelayanan, Integritas, Transparansi) dan menghitung bobot prioritasnya.

Komponen Infrastruktur (Cloud PaaS): Dirancang menggunakan pendekatan serverless dan layanan terkelola (managed services) untuk menghilangkan beban manajemen server fisik.

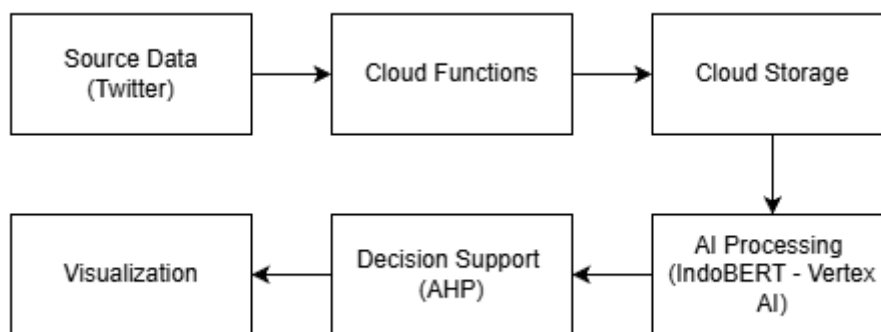
Validasi Konseptual melalui Simulasi

Karena penelitian ini berfokus pada rancangan arsitektur, validasi dilakukan melalui Simulasi Skenario Penggunaan (Use-Case Scenario Simulation). Simulasi ini bertujuan untuk menguji logika alur data dari hulu ke hilir, memastikan bahwa integrasi antara deteksi sentimen IndoBERT dan pembobotan AHP mampu menghasilkan keluaran yang logis dan dapat ditindaklanjuti oleh pemangku kebijakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Arsitektur Sistem (Proposed System Architecture)

Bagian ini menyajikan hasil utama dari penelitian, yaitu rancangan arsitektur sistem analisis sentimen berbasis Cloud Computing yang dirancang untuk mendukung proses pengolahan data media sosial menggunakan IndoBERT dan integrasi metode AHP sebagai pendukung keputusan. Arsitektur yang diusulkan disusun secara konseptual dengan pendekatan serverless dan layanan Platform as a Service (PaaS) sehingga seluruh komponen dapat beroperasi tanpa memerlukan manajemen infrastruktur fisik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, sistem yang dirancang terdiri dari beberapa modul terintegrasi yang berfungsi untuk melakukan pengambilan data, pemrosesan kecerdasan buatan, perhitungan prioritas kinerja, serta penyajian informasi dalam bentuk visual yang dapat digunakan oleh pengambil keputusan di lingkungan POLRI. Penjelasan rinci mengenai setiap modul disampaikan pada subbagian berikutnya.



Gambar 1. Diagram Rancangan Arsitektur

Pada rancangan yang telah disusun terdapat 4 poin utama yaitu.

Modul Ingestion

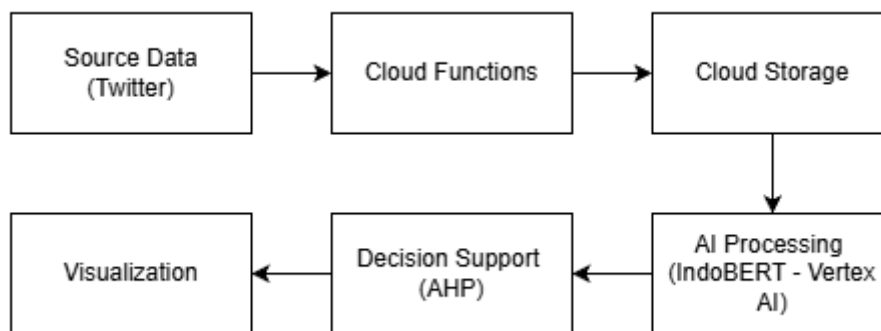
Twitter (atau X) merupakan platform media sosial yang paling banyak digunakan dalam penelitian analisis sentimen karena karakteristiknya yang real-time, terbuka, dan memiliki volume data yang sangat besar. Berdasarkan studi (Jonnala et al., 2025) dalam Scientific Reports, Twitter disebut sebagai “leading platform for real-time social media engagement” dan menjadi sumber utama untuk menangkap opini publik, tren, dan dinamika perasaan masyarakat karena jutaan tweet diproduksi setiap hari. Penelitian tersebut juga menegaskan bahwa Twitter sangat ideal untuk analisis sentimen karena

menyediakan teks pendek yang padat informasi, memungkinkan pemodelan emosi, sarkasme, dan opini secara langsung.

Selain itu, penelitian (Hafizah et al., 2025) dalam *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics* menyatakan bahwa Twitter adalah “platform yang paling luas digunakan dalam riset opini publik” karena sifatnya yang ringkas dan penyebaran informasi secara instan, sehingga sangat tepat digunakan untuk menangkap reaksi masyarakat terhadap isu-isu aktual secara real-time. Mereka juga menjelaskan bahwa volume dan kecepatan data di Twitter menjadikannya sumber yang sangat kaya untuk menganalisis persepsi terhadap sebuah layanan atau institusi.

Ketiga jurnal tersebut secara konsisten menegaskan bahwa Twitter adalah media yang paling sesuai untuk penelitian seperti ini karena menyediakan data real-time dalam jumlah besar, bersifat publik sehingga data dapat diakses tanpa hambatan privasi yang kompleks, dan teksnya singkat sehingga memudahkan ekstraksi sentimen dan pemrosesan dengan model NLP modern.

Kemudian data opini publik dari twitter baik secara real-time atau batch-API, ditarik secara otomatis menggunakan layanan seperti Cloud Functions, kemudian disimpan ke dalam “data lake” (misalnya Cloud Storage) sebagai repositori mentah yang siap digunakan untuk pemrosesan selanjutnya. Pendekatan berbasis cloud dalam modul ingestion ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan jika menggunakan perangkat lokal (on-premise) atau perangkat sendiri. Pertama, layanan cloud memungkinkan penskalaan otomatis (auto-scaling) untuk menangani lonjakan volume data media sosial tanpa perlu investasi perangkat keras awal besar. Kedua, komponen serverless seperti Cloud Functions mengurangi beban manajemen server, patching, dan monitoring, sehingga organisasi dapat fokus pada logika bisnis (pengambilan dan penyimpanan data) tanpa distraksi operasional infrastruktur. Dalam literatur, penggunaan arsitektur data-lake berbasis cloud terbukti lebih fleksibel, efisien biaya, dan lebih cepat dalam menghasilkan pipeline ingestion dibandingkan sistem tradisional yang dikelola secara on-premise (Azzabi et al., 2024; Shojaee Rad & Ghobaei-Arani, 2024).



Gambar 2. Cloud Data Lake Implementation

Modul Pemrosesan AI

Modul pemrosesan AI merupakan pusat dari keseluruhan arsitektur, karena pada tahap inilah model IndoBERT digunakan untuk melakukan klasifikasi sentimen secara otomatis terhadap data yang telah melalui tahap ingestion dan penyimpanan. Berdasarkan temuan beberapa penelitian, IndoBERT terbukti unggul dalam memahami konteks bahasa Indonesia yang informal, campuran, dan sering kali mengandung slang atau struktur frasa tidak baku. Hal ini ditunjukkan oleh (Aprinando et al., 2025), yang melaporkan bahwa IndoBERT mampu mencapai akurasi 90% dalam mengklasifikasikan ulasan aplikasi BRImo, dengan F1-score yang stabil di ketiga kelas sentimen, menunjukkan kemampuan generalisasi yang sangat baik pada teks berbahasa Indonesia yang kompleks. Keunggulan ini sejalan dengan hasil penelitian (Dhendra & Gayuh Utomo, 2025), yang menemukan bahwa model IndoBERT mengungguli berbagai model transformer lain seperti mBERT dan XLM-R, serta jauh melampaui model klasik seperti CNN dan BiLSTM dalam tugas

klasifikasi sentimen, dengan akurasi tertinggi sebesar 88.1% pada data layanan publik digital.

Keberhasilan IndoBERT dalam berbagai penelitian ini menjadi dasar rasional mengapa modul pemrosesan AI dirancang menggunakan layanan Platform as a Service (PaaS) seperti Google Vertex AI atau AWS SageMaker. Penggunaan PaaS memungkinkan model melakukan proses inferensi berbasis GPU secara efisien, tanpa memerlukan penyediaan server fisik, konfigurasi CUDA, atau manajemen infrastruktur komputer berperforma tinggi. Hal ini sangat penting mengingat model transformer seperti IndoBERT memiliki jumlah parameter besar dan memerlukan akselerasi komputasi untuk mencapai waktu respons yang layak dalam aplikasi produksi. Selain itu, pemilihan PaaS juga selaras dengan praktik penelitian modern, sebagaimana terlihat pada penggunaan platform berbasis cloud dalam penelitian (Aprinando et al., 2025) yang memanfaatkan Google Colab GPU sebagai bentuk komputasi cloud untuk proses pelatihan dan inferensi IndoBERT secara praktis dan ekonomis. Dengan demikian, modul pemrosesan AI dalam arsitektur ini dirancang berbasis cloud bukan hanya untuk efisiensi komputasi, tetapi juga sebagai strategi untuk menjaga skalabilitas, kemudahan deployment, dan keterulangan eksperimen dalam analisis sentimen skala besar.

Modul Keputusan (AHP)

Modul Keputusan berfungsi untuk mengubah hasil klasifikasi sentimen menjadi rekomendasi prioritas yang dapat ditindaklanjuti oleh pemangku kebijakan. Dalam konteks ini, Analytic Hierarchy Process (AHP) dipilih karena merupakan metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM) yang paling stabil, terstruktur, dan banyak digunakan untuk penentuan bobot kriteria berbasis penilaian subjektif pakar. Tavana et al. (2021) menjelaskan bahwa AHP adalah metode yang reliable, rigorous, and robust untuk mengkuantifikasi penilaian subjektif melalui perbandingan berpasangan dan mampu menangani masalah keputusan yang kompleks dalam struktur hierarki. Keunggulan penting AHP dalam konteks penelitian ini adalah kemampuannya memberikan prioritas yang konsisten antar kriteria, sekaligus memeriksa konsistensi penilaian melalui consistency ratio, sehingga meningkatkan keandalan hasil keputusan.

Selain itu, studi Stofkova et al. (2022) menegaskan bahwa AHP merupakan metode yang sangat sesuai untuk pengambilan keputusan strategis karena dapat memprioritaskan kriteria secara sistematis dan mudah diimplementasikan melalui teknik perbandingan berpasangan yang transparan. Penelitian tersebut menyebut AHP sebagai metode yang “paling banyak digunakan” dalam berbagai bidang manajerial dan terbukti efektif untuk menentukan urutan prioritas dalam konteks multi-kriteria. AHP juga dipuji karena fleksibilitasnya dalam menggabungkan aspek kuantitatif dan kualitatif, sehingga cocok diterapkan pada domain seperti evaluasi kinerja lembaga publik, di mana kriteria seperti Pelayanan, Integritas, dan Transparansi bersifat multidimensional.

Dalam sistem ini, hasil klasifikasi IndoBERT (positif, negatif, netral) akan dipetakan ke dalam kriteria performa POLRI, kemudian modul AHP menghitung bobot prioritas per kriteria berdasarkan struktur hierarki yang telah ditentukan. Dengan demikian, AHP tidak hanya menjawab apa aspek yang paling banyak mendapat sentimen negatif, tetapi juga seberapa penting aspek tersebut dibandingkan aspek lainnya. Kombinasi NLP dan AHP ini menghasilkan proses analisis yang lebih strategis, terukur, dan selaras dengan prinsip-prinsip pengambilan keputusan berbasis bukti sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian-penelitian AHP modern.

Modul Visualisasi

Modul Visualisasi berfungsi sebagai antarmuka strategis bagi pimpinan dan pengambil keputusan di lingkungan institusi seperti Kepolisian Negara Republik Indonesia (POLRI), karena menyediakan grafik tren sentimen publik dan daftar prioritas perbaikan secara langsung. Penelitian oleh (Ilmi & Puspitarani, 2024) dalam studi “Visualization of Sentiment Analysis Results of Public Opinion on Indonesian Public Figures” menunjukkan bahwa dashboard interaktif yang menggunakan visualisasi tren

sentimen dapat membantu pengambil keputusan dalam memahami dinamika opini publik terhadap institusi secara lebih cepat dan responsif. Dalam kerangka penelitian ini, dashboard akan menampilkan tren sentimen (berapa banyak positif/negatif tiap periode) dan hasil prioritas kinerja yang dihasilkan oleh modul AHP, sehingga pimpinan POLRI dapat dengan cepat melihat aspek mana yang paling mendapat perhatian publik dan membutuhkan aksi. Dengan demikian, modul visualisasi mengubah hasil komputasi dan analisis menjadi alat keputusan yang mudah dibaca, dapat diakses secara waktu nyata, dan memungkinkan respons strategis terhadap persepsi publik.

Analisis Komparatif Infrastruktur (Infrastructure Justification)

Untuk menjustifikasi pemilihan arsitektur Platform as a Service (PaaS) sebagai fondasi implementasi sistem analisis sentimen IndoBERT-AHP, penelitian ini melakukan analisis komparatif terhadap tiga skenario infrastruktur yang umum digunakan yaitu On-Premise atau server fisik yang dikelola sendiri, Cloud IaaS (Infrastructure as a Service) berupa mesin virtual berbasis GPU yang disewa, dan Cloud PaaS yang menyediakan lingkungan komputasi siap pakai untuk pelatihan dan deployment model kecerdasan buatan. Perbandingan ini dilakukan untuk melihat kelayakan dari sisi biaya awal, skalabilitas, beban pemeliharaan, dan kecocokan terhadap kebutuhan pemrosesan AI berbasis model transformer seperti IndoBERT.

Cloud PaaS (Platform as a Service) dianggap lebih baik daripada on-premise (beli server) dan IaaS (sewa VM kosong) karena menawarkan skalabilitas, efisiensi biaya, dan percepatan time-to-market yang lebih tinggi. Dengan PaaS, organisasi tidak perlu mengelola infrastruktur fisik atau virtual secara langsung, sehingga dapat fokus pada pengembangan aplikasi dan inovasi tanpa terbebani oleh pemeliharaan hardware atau konfigurasi sistem dasar (Kumar C, 2024). PaaS juga menyediakan akses ke sumber daya khusus, otomatisasi deployment, dan integrasi layanan yang memudahkan pengembangan aplikasi cloud-native serta meningkatkan kelincuhan bisnis (Sri Nandhini & Joseph, 2020; Wulf et al., 2021).

Dibandingkan on-premise, PaaS dan IaaS dapat mengurangi biaya operasional secara signifikan, dengan penelitian menunjukkan potensi penghematan biaya antara 51% hingga 85% (Nawrocki & Osypanka, 2021). Sementara IaaS memberikan fleksibilitas dan kontrol lebih besar atas lingkungan TI, PaaS mengurangi kompleksitas teknis dan mempercepat proses pengembangan serta deployment aplikasi. Namun, pemilihan model terbaik tetap harus mempertimbangkan kebutuhan spesifik organisasi, tingkat kontrol yang diinginkan, serta tantangan seperti keamanan data dan kompatibilitas sistem lama (Kumar C, 2024; Wulf et al., 2021).

Tidak hanya itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa membeli server GPU fisik memang membutuhkan investasi awal yang sangat besar (capital expenditure), termasuk biaya perangkat keras, pemeliharaan, energi, dan pendinginan. Dengan Cloud PaaS, biaya tersebut berubah menjadi biaya operasional (operational expenditure) karena pengguna hanya membayar sesuai pemakaian (pay-as-you-go), sehingga lebih fleksibel dan efisien untuk kebutuhan jangka pendek atau beban kerja yang fluktuatif (Kutzner et al., 2022; Seritan et al., 2020). Cloud PaaS juga memungkinkan akses ke hardware GPU terbaru tanpa harus membeli atau mengelola perangkat fisik, serta dapat melakukan scaling secara instan sesuai kebutuhan proyek.

Untuk penggunaan jangka pendek atau proyek dengan kebutuhan komputasi tinggi dalam waktu singkat, Cloud PaaS bisa sangat kompetitif secara biaya dibandingkan membeli server fisik, bahkan dapat menyelesaikan pekerjaan dalam hitungan hari yang jika dilakukan di on-premise bisa memakan waktu berminggu-minggu. Namun, untuk penggunaan jangka panjang dan beban kerja yang stabil, investasi pada server fisik bisa lebih ekonomis dalam jangka waktu tertentu. Secara umum, Cloud PaaS menawarkan fleksibilitas, efisiensi biaya, dan kemudahan akses teknologi GPU terbaru, sehingga cocok untuk organisasi yang ingin menghindari beban investasi awal yang besar dan

mengutamakan model biaya operasional (Kutzner et al., 2022; Li et al., 2020; Seritan et al., 2020).

Dengan menggunakan PaaS seperti Google Vertex AI, tim POLRI dapat menghindari kerepotan dalam mengelola infrastruktur fisik seperti kabel, listrik, dan pembaruan sistem operasi server. Hal ini memungkinkan tim untuk fokus sepenuhnya pada analisis sentimen, tanpa harus memikirkan aspek teknis pemeliharaan server atau skalabilitas sistem. Penelitian terkait analisis sentimen pada layanan publik POLRI menunjukkan bahwa fokus utama sebaiknya pada peningkatan kualitas data dan model analisis, bukan pada pengelolaan infrastruktur (Puspasari et al., 2024). Dengan PaaS, proses pengumpulan, pemrosesan, dan visualisasi data sentimen dapat berjalan lebih efisien, sehingga tim dapat lebih cepat mengambil keputusan berbasis data tanpa terganggu masalah teknis server.

Table 1. Perbandingan Infrastruktur Pemrosesan AI

Parameter	On-Premise (Server Fisik)	Cloud IaaS (Sewa VM GPU)	Cloud PaaS (Usulan)
Biaya Awal (CapEx)	Sangat Tinggi (beli GPU, server, UPS, rack)	Rendah (tanpa investasi awal)	Sangat Rendah / Nihil
Biaya Operasional (OpEx)	Tinggi (listrik, pendinginan, tenaga IT)	Sedang (biaya sewa per jam)	Rendah (Managed Service)
Skalabilitas	Terbatas (upgrade manual)	Manual / Semi-Otomatis	Otomatis (Auto-Scaling)
Pemeliharaan	Tinggi (OS, hardware, keamanan)	Sedang (urus OS & patching)	Sangat Rendah (All-managed)
Akselerasi GPU	Harus beli GPU fisik	Sewa GPU, konfigurasi mandiri	GPU/TPU dikelola otomatis
Waktu Deployment	Lama (hari-minggu)	Menengah (jam-hari)	Cepat (menit-jam)
Reliabilitas & Monitoring	Bergantung teknisi internal	Ada fitur monitoring dasar	End-to-End Monitoring & Failover
Keamanan	Bergantung internal (rawan miskonfigurasi)	Tersedia fitur keamanan cloud	Keamanan enterprise-grade + compliance

Dengan menggunakan PaaS seperti Google Vertex AI, tim POLRI dapat menghindari kerepotan dalam mengelola infrastruktur fisik seperti kabel, listrik, dan pembaruan sistem operasi server. Hal ini memungkinkan tim untuk fokus sepenuhnya pada analisis sentimen, tanpa harus memikirkan aspek teknis pemeliharaan server atau skalabilitas sistem. Fokus utama sebaiknya pada peningkatan kualitas data dan model analisis, bukan pada pengelolaan infrastruktur. Dengan PaaS, proses pengumpulan, pemrosesan, dan visualisasi data sentimen dapat berjalan lebih efisien, sehingga tim dapat lebih cepat mengambil keputusan berbasis data tanpa terganggu masalah teknis server.

Kerangka Kerja Integrasi IndoBERT dan AHP

Kerangka kerja integrasi ini dirancang untuk menggabungkan kekuatan pemahaman bahasa alami dari IndoBERT dengan kemampuan penentuan prioritas multikriteria milik AHP. Pada tahap pertama, IndoBERT berfungsi sebagai semantic filter yang mengekstraksi nuansa sentimen dari cuitan masyarakat. Berdasarkan penelitian (Koto et al., 2020), IndoBERT terbukti mampu memahami konteks bahasa Indonesia secara mendalam, termasuk ironi, sarkasme, dan struktur bahasa tidak baku yang umum dalam percakapan di Twitter. Kemampuan ini memungkinkan model mendeteksi sentimen negatif yang tersirat, misalnya dalam ungkapan seperti “Hebat sekali ya, laporan sudah seminggu belum diproses,” yang secara literal tampak positif namun secara konteks merupakan kritik.

Tahap kedua dari alur kerja dimulai setelah IndoBERT menghasilkan klasifikasi sentimen terhadap opini masyarakat. Sentimen negatif yang terdeteksi kemudian dipetakan ke kategori kinerja POLRI seperti pelayanan administrasi, penanganan laporan, integritas, atau transparansi. Struktur pemetaan ini selanjutnya digunakan sebagai kriteria dalam hierarki Analytic Hierarchy Process (AHP). Penelitian oleh (Kumar et al., 2022)

menunjukkan bahwa AHP sangat efektif dalam lingkungan organisasi publik karena mampu mengubah data kualitatif termasuk persepsi masyarakat, menjadi bobot prioritas yang konsisten melalui mekanisme pairwise comparison. AHP juga dinilai mampu menghasilkan keputusan yang transparan dan mudah dipahami oleh pimpinan organisasi, sehingga cocok diterapkan pada instansi seperti POLRI.

Walaupun belum terdapat penelitian yang secara langsung mengintegrasikan IndoBERT dan AHP, pendekatan hibrida ini tetap memiliki dasar metodologis yang kuat karena masing-masing komponen telah terbukti efektif pada domainnya. Dengan menggabungkan dua pendekatan ini, sistem yang dibangun tidak hanya mengidentifikasi sentimen masyarakat, tetapi juga memetakannya ke dalam kriteria kinerja POLRI dan menentukan tingkat urgensi tiap aspek. Dengan demikian, integrasi IndoBERT dan AHP memberikan alur kerja yang logis, IndoBERT menangkap apa yang dirasakan publik, dan AHP menentukan aspek mana yang harus diperbaiki terlebih dahulu, sehingga menghasilkan actionable insight yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan strategis di lingkungan POLRI.

Dengan demikian, integrasi IndoBERT–AHP tidak hanya menghasilkan statistik sentimen, tetapi juga actionable insight berupa peringkat urgensi perbaikan. Pendekatan ini memungkinkan POLRI tidak hanya mengetahui apa yang dirasakan publik, tetapi juga aspek mana yang harus segera diperbaiki untuk meningkatkan kualitas layanan dan kepercayaan masyarakat.

Simulasi Output Dashboard (Expected Results)

Karena penelitian ini berfokus pada rancangan arsitektur konseptual, validasi tidak dilakukan melalui pengujian akurasi model, melainkan melalui simulasi skenario penggunaan (use-case scenario). Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mendemonstrasikan bagaimana kerangka kerja terintegrasi (Cloud PaaS, IndoBERT, dan AHP) bekerja secara sinergis untuk mengubah data mentah (opini publik) menjadi sebuah keluaran yang strategis dan dapat ditindaklanjuti (actionable insight) oleh pimpinan POLRI. Simulasi dilakukan pada tiga contoh data opini publik hipotetis yang masuk ke dalam sistem. Tabel 2 di bawah ini menjabarkan proses end-to-end dari arsitektur yang diusulkan. Dalam simulasi ini, kita berasumsi bahwa Modul AHP telah dikonfigurasi sebelumnya oleh pakar (misalnya, analis kebijakan POLRI), di mana aspek "Integritas/Pungli" diberikan bobot prioritas tertinggi (misal: 0.5), diikuti oleh "Profesional" (misal: 0.3), dan "Pelayanan Administrasi" (misal: 0.2).

Table 2. Use-Case Scenario Simulation

Skenario	Contoh Opini Publik	Prediksi IndoBERT	Kategorisasi Aspek	Kalkulasi Prioritas AHP	Rekomendasi Sistem
Skenario 1 (Positif)	"Makasih pak polisi di perempatan, ramah banget tadi pagi bantu nyebrang."	Positif (Skor: 0.96)	Profesional	(Bobot: 0.3 - Rendah)	Prioritas: Menengah. Action: Apresiasi. Monitor kinerja positif.
Skenario 2 (Negatif Umum)	"Urus SKCK di polres X antreannya parah banget, 4 jam baru kelar."	Negatif (Skor: 0.91)	Pelayanan Administrasi	(Bobot: 0.2 - Rendah)	Prioritas: Rendah. Action: Tinjau alur layanan SKCK.
Skenario 3 (Negatif Kritis + Sarkasme)	"Lapor kehilangan malah ditanya 'bisa diatur'. 'Hebat' banget polisinya."	Negatif (Skor: 0.98)	Integritas / Pungli	(Bobot: 0.5 - Sangat Tinggi)	Prioritas: Tinggi. Action: Investigasi segera oknum di unit terkait.

Tabel 2 di atas menunjukkan keunggulan dari kerangka kerja yang diusulkan:

Kemampuan Deteksi Konteks (IndoBERT): Pada Skenario 3, model IndoBERT (yang berjalan di Vertex AI) tidak terjebak oleh kata "Hebat". Berbeda dengan model lexicon-based yang mungkin keliru mengklasifikasikannya sebagai Positif, IndoBERT berhasil mengidentifikasi konteks sarkasme dan memberi label Negatif dengan skor keyakinan tinggi.

Transformasi Data menjadi Prioritas (AHP): Kontribusi terbesar sistem terlihat saat membandingkan Skenario 2 dan 3. Keduanya sama-sama sentimen negatif, namun memiliki urgensi yang berbeda.

Skenario 2 (Antrean SKCK) dikategorikan sebagai "Pelayanan Administrasi" yang memiliki bobot AHP rendah (0.2).

Skenario 3 (Pungli) dikategorikan sebagai "Integritas" yang memiliki bobot AHP tertinggi (0.5).

Hasilnya, sistem secara otomatis memberi label "Prioritas: Tinggi" pada Skenario 3, sementara Skenario 2 hanya "Prioritas: Rendah".

Output yang Actionable (Bagi POLRI): Sistem ini tidak hanya memberi tahu pimpinan bahwa "ada 2 sentimen negatif", tetapi memberi tahu bahwa "ada 1 keluhan pelayanan yang perlu ditinjau, dan ada 1 laporan pungli kritis yang harus diinvestigasi sekarang juga."

Hasil akhir dari kalkulasi prioritas ini akan ditampilkan pada Dashboard Eksekutif pimpinan POLRI yang secara otomatis mengurutkan isu-isu paling mendesak berdasarkan skor akhir AHP. Dengan demikian, rancangan arsitektur ini terbukti feasible secara infrastruktur (menggunakan PaaS) dan mampu menghasilkan output yang cerdas (IndoBERT) serta strategis (AHP).

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil merancang sebuah kerangka kerja (blueprint) sistem yang komprehensif untuk analisis sentimen kinerja POLRI, yang secara unik menggabungkan tiga pilar teknologi utama. Di sisi model, sistem ini mengusulkan penggunaan IndoBERT untuk memastikan akurasi tinggi dalam memahami konteks bahasa Indonesia yang kompleks, termasuk sarkasme dan bahasa gaul. Di sisi infrastruktur, direkomendasikan arsitektur modern berbasis Cloud PaaS (seperti Google Vertex AI) yang membuat implementasi model berat menjadi realistis, hemat biaya, dan skalabel tanpa perlu membeli server fisik yang mahal. Terakhir, di sisi pengambilan keputusan, diintegrasikan metode AHP untuk mengubah data sentimen yang hanya informatif menjadi prioritas kebijakan yang strategis dan dapat ditindaklanjuti. Secara keseluruhan, kontribusi utama penelitian ini adalah sebuah rancangan arsitektur yang tidak hanya cerdas (akurat karena IndoBERT) dan strategis (karena AHP), tetapi juga layak dan efisien (feasible karena Cloud), yang dapat menjadi acuan bagi institusi POLRI untuk membangun sistem pemantauan opini publik yang modern dan efektif.

REFERENSI

- Aprinando, A., Simarmata, P., & Sasongko, T. B. (2025). Sentiment Analysis on BRImo Application Reviews Using IndoBERT. In *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)* (Vol. 9, Issue 3). <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- Asmoro, D., & Riswadi. (2024). Legal Deliberation and Police Reform To Increase Transparency and Accountability In Law Enforcement (Vol. 3). <https://edunity.publikasikupublisher.com>
- Azzabi, S., Alfughi, Z., & Ouda, A. (2024). Data Lakes: A Survey of Concepts and Architectures. In *Computers* (Vol. 13, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/computers13070183>
- Cahyawijaya, S., Lovenia, H., Fikri Aji, A., Indra Winata, G., Wilie, B., Koto, F., Mahendra, R., Wibisono, C., Romadhony, A., Vincentio, K., Santoso, J., Moeljadi,

- D., Wirawan, C., Hudi, F., Satrio Wicaksono, M., Halim Parmonangan, I., Alfina, I., Firdausi Putra, I., Rahmadani, S., ... Authors, M. (2023). NusaCrowd: Open Source Initiative for Indonesian NLP Resources. Association for Computational Linguistics. <https://indonlp.github.io/>
- Costa, C. J., Aparicio, M., Aparicio, S., & Aparicio, J. T. (2024). The Democratization of Artificial Intelligence: Theoretical Framework. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/app14188236>
- Dhendra, & Gayuh Utomo, V. (2025). Benchmarking IndoBERT and Transformer Models for Sentiment Classification on Indonesian E-Government Service Reviews. *Jurnal Transformatika*, 23(1), 86–95. <https://doi.org/10.26623/transformatika.v23i1.12095>
- Geni, L., Yulianti, E., & Sensuse, D. I. (2023). Sentiment Analysis of Tweets Before the 2024 Elections in Indonesia Using Bert Language Models. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 9(3), 746–757. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v9i3.26490>
- Gumilang, M. A., Abdillah, F., Amin, M. Y., & Hasan, M. (2024). Sentiment Analysis of Indonesian Ministries Social Media: Citizen Responses Utilizing TextBlob Analyser. *Jurnal Sosioteknologi*, 23(2), 203–216. <https://doi.org/10.5614/sostek.itbj.2024.23.2.5>
- Hafizah, R., Saragih, T. H., Muliadi, M., Indriani, F., & Mazdadi, M. I. (2025). Machine Learning Implementation for Sentiment Analysis on X/Twitter: Case Study of Class Of Champions Event in Indonesia. *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 7(2), 370–386. <https://doi.org/10.35882/ijeeemi.v7i2.81>
- Hoffmann, J., Borgeaud, S., Mensch, A., Buchatskaya, E., Cai, T., Rutherford, E., Casas, D. de Las, Hendricks, L. A., Welbl, J., Clark, A., Hennigan, T., Noland, E., Millican, K., Driessche, G. van den, Damoc, B., Guy, A., Osindero, S., Simonyan, K., Elsen, E., ... Sifre, L. (2022). Training Compute-Optimal Large Language Models. <http://arxiv.org/abs/2203.15556>
- Ilmi, M. H., & Puspitarani, Y. (2024). Visualization of Sentiment Analysis Results of Public Opinion on Indonesian Public Figures in Electronic Media and Social Media. *Proceedings of the Widyatama International Conference on Engineering 2024 (WICOENG 2024)*. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-618-5_34
- Jonnala, N. S., Ram Teja, A. V. S., Rajeswari, S. R., Jakeer, S., Dheeraj, A., Bansal, S., Prakash, K., Singh, S., Faruque, M. R. I., & Al-mugren, K. S. (2025). Leveraging hybrid model for accurate sentiment analysis of Twitter data. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-09794-2>
- Koto, F., Rahimi, A., Lau, J. H., & Baldwin, T. (2020). IndoLEM and IndoBERT: A Benchmark Dataset and Pre-trained Language Model for Indonesian NLP. *COLING 2020 - The 28th International Conference on Computational Linguistics*. <https://huggingface.co/>
- Kumar C, Y. (2024). Review of Cloud Migration Strategies: Exploring Advantages, Challenges and Cost Analysis. *INTERANTIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 08(06), 1–5. <https://doi.org/10.55041/IJSREM35549>
- Kumar, L., Sharma, J., & Kaur, R. (2022). Catalytic Performance of Cow-Dung Sludge in Water Treatment Mitigation and Conversion of Ammonia Nitrogen into Nitrate. *Sustainability (Switzerland)*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/su14042183>
- Kutzner, C., Kniep, C., Cherian, A., Nordstrom, L., Grubmüller, H., De Groot, B. L., & Gapsys, V. (2022). GROMACS in the Cloud: A Global Supercomputer to Speed Up Alchemical Drug Design. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 62(7), 1691–1711. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.2c00044>

- Li, H., Ota, K., Dong, M., Vasilakos, A. V., & Nagano, K. (2020). Multimedia Processing Pricing Strategy in GPU-Accelerated Cloud Computing. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 8(4), 1264–1273. <https://doi.org/10.1109/TCC.2017.2672554>
- Md Suhaimin, M. S., Ahmad Hijazi, M. H., Mounq, E. G., Nohuddin, P. N. E., Chua, S., & Coenen, F. (2023). Social media sentiment analysis and opinion mining in public security: Taxonomy, trend analysis, issues and future directions. In *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* (Vol. 35, Issue 9). King Saud bin Abdulaziz University. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101776>
- Nawrocki, P., & Osypanka, P. (2021). Cloud Resource Demand Prediction using Machine Learning in the Context of QoS Parameters. *Journal of Grid Computing*, 19(2). <https://doi.org/10.1007/s10723-021-09561-3>
- Oluwatobi, H. (2023). Cloud Computing and the Democratization of Artificial Intelligence in Business. <https://www.researchgate.net/publication/391163241>
- Puspasari, H. M., Mustaqim, I. Z., Utami, A. T., Syalevi, R., & Ruldeviyani, Y. (2024). Evaluation of Indonesia's police public service platforms through sentiment and thematic analysis. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 13(2), 1596–1607. <https://doi.org/10.11591/ijai.v13.i2.pp1596-1607>
- Sanh, V., Webson, A., Raffel, C., Bach, S. H., Sutawika, L., Alyafeai, Z., Chaffin, A., Stiegler, A., Scao, T. Le, Raja, A., Dey, M., Bari, M. S., Xu, C., Thakker, U., Sharma, S. S., Szczechla, E., Kim, T., Chhablani, G., Nayak, N., ... Rush, A. M. (2022). Multitask Prompted Training Enables Zero-Shot Task Generalization. *ICLR 2022*. <http://arxiv.org/abs/2110.08207>
- Seritan, S., Thompson, K., & Martínez, T. J. (2020). Tera Chem Cloud: A High-Performance Computing Service for Scalable Distributed GPU-Accelerated Electronic Structure Calculations. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 60(4), 2126–2137. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.9b01152>
- Shojaee Rad, Z., & Ghobaei-Arani, M. (2024). Data pipeline approaches in serverless computing: a taxonomy, review, and research trends. *Journal of Big Data*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00939-0>
- Sri Nandhini, A. R., & Joseph, A. (2020). Impact of Implementing Cloud Native Applications in Replacement to on-Premise Applications. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. www.ijert.org
- Wulf, F., Dresden, T. U., Lindner, T., Westner, M., Regensburg, O., & Strahringer, S. (2021). IaaS, PaaS, or SaaS? The Why of Cloud Computing Delivery Model Selection-Vignettes on the Post-Adoption of Cloud Computing. *Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://hdl.handle.net/10125/71378>