

## Perancangan Model Arsitektur Untuk Mendukung Persyaratan Big Data dan Cloud Computing Pada PTNB

Nurhafifah Matondang <sup>1\*</sup>, Theresiawati <sup>2</sup>, Bambang Warsuta <sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

<sup>3</sup> Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. RS. Famawati No. 1 Pondok Labu – Jakarta Selatan – Jakarta – Indonesia

e-mail : [nurhafifahmatondang@upnvj.ac.id](mailto:nurhafifahmatondang@upnvj.ac.id) <sup>1\*</sup>, [theresiawati@upnvj.ac.id](mailto:theresiawati@upnvj.ac.id) <sup>2</sup>, [bambang.warsuta@tik.pnj.ac.id](mailto:bambang.warsuta@tik.pnj.ac.id) <sup>3</sup>

**Abstrak.** Perguruan tinggi negeri baru menghadapi tantangan besar dalam mengelola volume data yang terus berkembang, serta memanfaatkan teknologi *cloud computing* untuk meningkatkan efisiensi operasional dan akademik. Isu utama yang dihadapi termasuk keterbatasan infrastruktur TI, masalah pengelolaan data besar (big data), dan kebutuhan untuk mengintegrasikan solusi berbasis *cloud* yang dapat mendukung kolaborasi dan aksesibilitas data secara efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang model kerangka arsitektur yang dapat mendukung pengelolaan *big data* dan *cloud computing* pada perguruan tinggi negeri baru, sehingga memudahkan pengelolaan data akademik, administratif, dan riset. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan desain sistem dengan analisis kebutuhan dan studi pustaka sebagai dasar untuk merancang arsitektur yang sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggabungan antara *big data* dan *cloud computing* memungkinkan perguruan tinggi untuk meningkatkan skalabilitas, efisiensi, dan keamanan data. Model arsitektur yang diusulkan terdiri dari lapisan infrastruktur *cloud*, platform *big data*, serta sistem aplikasi yang saling terintegrasi. Implikasi dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi dalam merancang sistem yang lebih efisien dan dapat diandalkan bagi perguruan tinggi negeri baru dalam mengelola data secara lebih baik. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi implementasi solusi *cloud computing* di lembaga pendidikan tinggi.

**Kata Kunci:** Arsitektur, *Big Data*, *Cloud Computing*, Perguruan Tinggi, Sistem

### 1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan dampak besar bagi berbagai sektor, termasuk dunia pendidikan. Perguruan tinggi, sebagai lembaga pendidikan tinggi, tidak hanya berfungsi sebagai pusat pembelajaran, tetapi juga sebagai tempat yang menghasilkan riset dan inovasi yang berbasis data. Dalam konteks ini, penggunaan *big data* dan *cloud computing* menjadi sangat relevan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi pengelolaan data akademik, administratif, dan riset. Seiring dengan peningkatan jumlah data yang harus dikelola, perguruan tinggi dituntut untuk mengadopsi teknologi yang mampu menyimpan, mengolah, dan menganalisis data dalam skala besar [1].

Perguruan tinggi negeri baru, yang sering kali memiliki keterbatasan infrastruktur dan sumber daya, menghadapi tantangan dalam merancang sistem yang dapat menangani data dalam jumlah besar serta memanfaatkan potensi *cloud computing* secara optimal. Selain itu, perguruan tinggi tersebut perlu mendesain sebuah kerangka arsitektur yang mampu menjawab kebutuhan ini dengan mempertimbangkan aspek skalabilitas, keamanan, serta integrasi antara berbagai aplikasi berbasis *cloud* dan *big data*. Dengan demikian, pengembangan model arsitektur yang tepat menjadi sangat penting untuk mendukung aktivitas akademik dan administratif [2].

Meskipun banyak studi yang membahas penerapan *big data* dan *cloud computing* di institusi pendidikan, terdapat kesenjangan pengetahuan mengenai perancangan arsitektur yang dapat mendukung pengelolaan data besar di perguruan tinggi negeri baru. Sebagian besar penelitian yang ada lebih fokus pada implementasi teknis atau kasus studi di perguruan tinggi dengan infrastruktur yang lebih mapan [3]. Oleh karena itu, belum banyak yang membahas model kerangka arsitektur yang secara khusus disesuaikan dengan kondisi perguruan tinggi negeri baru yang memiliki keterbatasan sumber daya.

Solusi mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang model kerangka arsitektur yang dapat mengakomodasi kebutuhan *big data* dan *cloud computing* pada perguruan tinggi negeri baru. Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan melibatkan analisis kebutuhan teknis, identifikasi tantangan yang

dihadapi, serta desain arsitektur yang fleksibel dan skalabel. Dengan demikian, perguruan tinggi dapat lebih mudah dalam mengelola dan memanfaatkan data besar dengan menggunakan infrastruktur *cloud* yang terjangkau. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi informasi di perguruan tinggi negeri baru. Model arsitektur yang diusulkan akan memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam mendukung pengelolaan data, sekaligus memfasilitasi integrasi berbagai sistem yang ada. Implikasi dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah sistem yang lebih terstruktur dan dapat diandalkan dalam mengelola *big data* dan *cloud computing* di lingkungan perguruan tinggi negeri baru, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas layanan akademik dan administratif.

## 2. Metodologi Penelitian

### 1. Big Data dalam Pendidikan Tinggi

Big Data merujuk pada kumpulan data yang sangat besar dan kompleks yang sulit untuk diolah menggunakan alat manajemen data tradisional. Dalam konteks perguruan tinggi, penerapan Big Data dapat mencakup berbagai aspek seperti analisis perilaku mahasiswa, analisis kinerja akademik, serta penelitian ilmiah.

- a. Penggunaan *Big Data* di Perguruan Tinggi: Penelitian terkini menunjukkan bahwa perguruan tinggi semakin mengadopsi Big Data untuk meningkatkan pengambilan keputusan berbasis data, seperti analisis prediktif untuk retensi mahasiswa, manajemen kurikulum, serta efisiensi operasional.
- b. Tantangan Implementasi Big Data: Penggunaan Big Data memerlukan infrastruktur TI yang kuat dan sistem manajemen data yang canggih. Tantangan utama yang sering muncul adalah kebutuhan akan sumber daya komputasi yang besar dan kesulitan dalam integrasi data yang terfragmentasi (data silos) di berbagai departemen perguruan tinggi [4].

### 2. Cloud Computing sebagai Infrastruktur untuk Big Data

*Cloud Computing* adalah solusi populer untuk mendukung pengelolaan *Big Data* karena kemampuannya dalam menyediakan sumber daya komputasi yang fleksibel dan skalabel.

- a. Model *Cloud* untuk Perguruan Tinggi: Beberapa model *cloud* yang banyak digunakan dalam pendidikan tinggi adalah *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS), dan *Software as a Service* (SaaS). Model IaaS memungkinkan perguruan tinggi untuk mengelola infrastruktur server dan penyimpanan secara fleksibel tanpa perlu berinvestasi besar dalam *hardware* fisik [5].
- b. Keuntungan *Cloud Computing* dalam Pendidikan Tinggi: *Cloud computing* menawarkan berbagai keuntungan, seperti penghematan biaya operasional, skalabilitas, dan kemudahan dalam mengakses data secara *real-time*. Sebagai contoh, penelitian oleh [6] menemukan bahwa implementasi *cloud computing* dapat meningkatkan efisiensi manajemen data mahasiswa di perguruan tinggi.

### 3. Arsitektur TI di Perguruan Tinggi

Untuk mendukung implementasi *Big Data* dan *Cloud Computing*, perguruan tinggi memerlukan arsitektur TI yang tepat. Hal ini mencakup desain sistem yang mampu mengintegrasikan berbagai sumber data, aplikasi, serta platform yang mendukung kolaborasi akademik dan penelitian.

- a. Arsitektur TI untuk *Big Data* dan *Cloud*: Penelitian oleh [7] mengusulkan kerangka arsitektur berbasis *cloud* yang terintegrasi dengan Big Data untuk mendukung riset ilmiah di perguruan tinggi. Kerangka ini mengintegrasikan layer untuk pengumpulan data, pemrosesan data, analisis, dan visualisasi yang memungkinkan penggunaan data secara efektif.
- b. Model Arsitektur yang Skalabel dan Efisien: Beberapa model arsitektur yang diusulkan dalam penelitian adalah arsitektur berbasis Microservices yang mendukung modularitas dan fleksibilitas dalam pengelolaan aplikasi *cloud* dan *Big Data* [8].

### 4. Persyaratan Infrastruktur untuk Mendukung Big Data dan Cloud Computing di Perguruan Tinggi Negeri Baru

Perguruan tinggi negeri baru seringkali menghadapi tantangan dalam membangun infrastruktur TI yang mampu mendukung penerapan *Big Data* dan *Cloud Computing*.

- a. Infrastruktur yang Diperlukan: Perguruan tinggi negeri baru perlu memastikan bahwa mereka memiliki sumber daya komputasi yang cukup (server, penyimpanan, jaringan) serta sistem yang aman dan efisien. Penelitian oleh [9] menunjukkan bahwa perguruan tinggi baru perlu merancang arsitektur berbasis *cloud* dengan fokus pada ketersediaan, skalabilitas, dan keamanan data.
- b. Integrasi dengan Kebijakan Pemerintah: Di banyak negara, kebijakan pemerintah tentang penggunaan teknologi di pendidikan tinggi juga menjadi faktor penting dalam merancang arsitektur TI. Pemerintah seringkali menyediakan pendanaan dan dukungan untuk proyek-proyek teknologi di perguruan tinggi negeri, yang harus diperhitungkan dalam perancangan model arsitektur [10].

### 5. Tren dan Teknologi Terkini dalam Arsitektur TI untuk Big Data dan Cloud Computing

Selain aspek teknis, perguruan tinggi juga perlu memperhatikan tren terbaru dalam pengembangan arsitektur TI untuk *Big Data* dan *Cloud Computing*, seperti penerapan *AI (Artificial Intelligence)* dan *Machine Learning* untuk analisis data, serta pengembangan Data Lake untuk penyimpanan data dalam skala besar.

- a. Penerapan AI dan *Machine Learning*: Teknologi ini semakin digunakan dalam pendidikan tinggi untuk memprediksi tren kinerja akademik, menganalisis hasil penelitian, dan meningkatkan pengalaman belajar mahasiswa.
- b. Keamanan dan Perlindungan Data: Keamanan data menjadi isu krusial, terutama dalam *cloud computing*. Penelitian [11] menyarankan penerapan sistem keamanan berbasis *blockchain* untuk memastikan integritas dan kerahasiaan data akademik di lingkungan perguruan tinggi.

### 6. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terstruktur dengan metode desain sistem untuk merancang model kerangka arsitektur yang mendukung persyaratan *big data* dan *cloud computing* pada perguruan tinggi negeri baru. Pendekatan ini dipilih untuk menghasilkan model yang sistematis, valid, dan dapat diandalkan, yang mencakup tahap-tahap pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan arsitektur, serta evaluasi terhadap implementasi sistem. Metode ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi pengetahuan yang berharga dalam pengembangan infrastruktur teknologi informasi pada perguruan tinggi negeri baru.

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah kajian pustaka yang mendalam untuk mengidentifikasi konsep-konsep dasar terkait *big data*, *cloud computing*, dan desain arsitektur TI. Kajian pustaka ini akan membantu dalam memahami berbagai teori, teknologi, dan tren yang relevan dalam konteks penerapan teknologi ini pada perguruan tinggi. Selanjutnya, peneliti akan mengidentifikasi kebutuhan spesifik perguruan tinggi negeri baru terkait dengan pengelolaan data besar dan penggunaan *cloud computing*, dengan fokus pada tantangan infrastruktur yang ada. Setelah mengidentifikasi kebutuhan, langkah berikutnya adalah analisis gap antara kondisi eksisting dan kebutuhan yang telah diidentifikasi. Proses ini melibatkan wawancara dengan pemangku kepentingan di perguruan tinggi negeri baru, termasuk pengelola IT, dosen, dan mahasiswa, untuk mendapatkan wawasan terkait kekurangan dan hambatan dalam penerapan *big data* dan *cloud computing*. Berdasarkan analisis gap ini, peneliti akan merancang model kerangka arsitektur yang dapat mengatasi permasalahan tersebut, dengan mempertimbangkan aspek skalabilitas, keamanan, dan integrasi sistem.

Model arsitektur yang dirancang kemudian akan diuji melalui simulasi atau uji coba di lingkungan yang terkontrol untuk menilai kinerja dan keandalannya. Uji coba ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain yang diusulkan dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan perguruan tinggi, serta memberikan temuan yang akurat tentang efektivitas dan efisiensi sistem. Selama proses ini, peneliti akan mengumpulkan data terkait performa sistem, seperti waktu respon, kecepatan pengolahan data, dan kemampuan sistem dalam menangani volume data yang besar. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi komunitas ilmiah dan praktisi di bidang teknologi informasi, terutama dalam konteks penerapan *big data* dan *cloud computing* di perguruan tinggi negeri baru. Temuan yang dihasilkan akan memperkaya pemahaman tentang desain arsitektur yang efektif dan dapat diandalkan, serta menjadi referensi bagi pengembangan sistem informasi yang lebih baik di masa depan. Selain itu, model yang dikembangkan diharapkan dapat diadopsi

oleh perguruan tinggi lain yang menghadapi tantangan serupa, sehingga memberikan dampak positif dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas operasional pendidikan tinggi.

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 1. Baseline Arsitektur yang Pernah Digunakan

Untuk merancang kerangka arsitektur yang sesuai dengan kebutuhan Perguruan Tinggi Negeri Baru (PTNB), penting untuk memahami model arsitektur yang telah digunakan sebelumnya sebagai acuan (*baseline*). *Baseline* ini diperoleh dari kajian literatur dan praktik implementasi di beberapa institusi pendidikan tinggi yang telah mengadopsi teknologi *big data* dan *cloud computing* secara bertahap. *Baseline* ini juga mencerminkan pendekatan umum yang digunakan untuk mengelola kompleksitas data dan kebutuhan skalabilitas di lingkungan akademik.

##### Arsitektur *Cloud Computing*

Model baseline arsitektur *cloud computing* yang banyak diadopsi mengacu pada pendekatan *three-tier architecture: Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS), dan *Software as a Service* (SaaS). Pada tingkat IaaS, perguruan tinggi diberikan fleksibilitas dalam pengelolaan infrastruktur server, penyimpanan, dan jaringan secara virtual. PaaS menyediakan platform pengembangan untuk membangun dan menguji aplikasi sesuai kebutuhan institusi. Sementara SaaS memberikan akses langsung ke perangkat lunak yang mendukung layanan akademik, administratif, dan pembelajaran daring. Model ini dilengkapi dengan fitur virtualisasi data center guna meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya, serta sistem keamanan berbasis peran (*role-based access control*) untuk memastikan keamanan data yang tersimpan dan diakses oleh berbagai pemangku kepentingan.

##### Arsitektur *Big Data*

Pada sisi *big data*, baseline arsitektur mencakup beberapa lapisan utama, yaitu: pengumpulan data, penyimpanan data, pemrosesan data, dan analitik data. Model ini didukung oleh teknologi seperti Data Warehouse, Data Lake, Apache Hadoop, Apache Spark, serta platform analitik dan visualisasi seperti Power BI atau Tableau.

Tingkatan baseline arsitektur *big data* dibedakan menjadi empat tahap:

- a. Tingkat Dasar – fokus pada pengumpulan dan penyimpanan data.
- b. Tingkat Menengah – melibatkan pemrosesan *batch* dan manajemen data tidak terstruktur.
- c. Tingkat Lanjutan – mulai menerapkan analitik prediktif dan pemodelan *machine learning*.
- d. Tingkat Profesional – mengintegrasikan analitik lanjutan dengan pengambilan keputusan berbasis AI dan sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*).

Model baseline ini memungkinkan integrasi antara sistem informasi akademik, LMS, keuangan, SDM, dan riset dalam satu platform data terpadu, sehingga memperkuat pengambilan keputusan strategis yang berbasis data.

##### Kelemahan dari *Baseline* Eksisting

Meskipun *baseline* arsitektur ini telah banyak digunakan, namun tidak sepenuhnya cocok diterapkan secara langsung di PTNB karena keterbatasan infrastruktur, pendanaan, dan sumber daya manusia. Banyak PTNB yang belum memiliki kapasitas untuk menjalankan platform *big data* skala penuh atau layanan *cloud* secara optimal. Oleh karena itu, dibutuhkan kerangka arsitektur yang lebih adaptif, modular, dan ekonomis, dengan mempertimbangkan tantangan nyata yang dihadapi oleh PTNB.

#### 2. Kerangka Arsitektur Usulan

Berdasarkan identifikasi kebutuhan PTNB serta evaluasi terhadap *baseline* arsitektur yang telah digunakan sebelumnya, kerangka arsitektur usulan dirancang untuk mengakomodasi keterbatasan infrastruktur dan sumber daya manusia, sekaligus tetap mampu memenuhi tuntutan pengelolaan data dalam skala besar serta integrasi layanan berbasis *cloud*.

Kerangka arsitektur usulan ini dibangun secara modular dan fleksibel dengan mempertimbangkan aspek: efisiensi infrastruktur, skalabilitas, keamanan, interoperabilitas sistem, serta dukungan terhadap analitik dan pengambilan keputusan berbasis data.

#### Prinsip Desain

- a. Modular dan Terdesentralisasi  
Arsitektur dirancang berbasis modul (*microservices*) sehingga setiap komponen dapat dikembangkan dan dijalankan secara independen tanpa mengganggu sistem utama.
- b. Hybrid *Cloud Integration*  
Menggabungkan layanan *cloud* publik dan lokal (*on-premise*) untuk menyesuaikan dengan kebutuhan dan anggaran PTNB, serta mengoptimalkan aksesibilitas data akademik dan administratif.
- c. Interoperabilitas dan Integrasi Sistem  
Memanfaatkan API *gateway* dan *middleware* (*Enterprise Service Bus*) untuk integrasi antar sistem seperti LMS, SIAKAD, sistem keuangan, dan platform penelitian.
- d. Skalabilitas dan Efisiensi Biaya  
Menggunakan *containerization* (misalnya Docker) dan *orchestration* (seperti Kubernetes) untuk mengelola beban kerja secara dinamis, sesuai dengan volume data dan kebutuhan pengguna.
- e. Keamanan dan Tata Kelola Data  
Mengadopsi standar enkripsi, IAM (*Identity and Access Management*), dan regulasi perlindungan data (misalnya UU PDP) untuk menjaga integritas dan kerahasiaan informasi kampus.

#### Komponen Utama Arsitektur Usulan

##### Layer Infrastruktur *Cloud*

- a. Komputasi elastis (*Elastic Compute Service*)
- b. Penyimpanan terdistribusi (*Object Storage & Block Storage*)
- c. *Virtual Private Network* (VPN) untuk isolasi keamanan data

##### Layer Manajemen Data

- a. *Data Warehouse* untuk data akademik dan administrasi terstruktur
- b. *Data Lake* untuk data riset, IoT, multimedia, dan tidak terstruktur
- c. ETL *pipelines* untuk pemrosesan dan transformasi data

##### Layer Aplikasi dan Layanan

- a. Sistem Informasi Akademik dan LMS berbasis SaaS
- b. *Dashboard* analitik dan *Business Intelligence Tools*
- c. Portal kampus sebagai antarmuka pengguna terintegrasi

##### Layer Analitik dan Kecerdasan Buatan

- a. Modul analitik deskriptif dan prediktif (misal: prediksi kelulusan)
- b. *Machine Learning* untuk personalisasi pembelajaran dan evaluasi kinerja
- c. *Decision Support System* (DSS) untuk perencanaan strategis pimpinan

##### Layer Keamanan dan Monitoring

- a. Audit log, enkripsi data, *firewall*, dan proteksi DDoS
- b. Manajemen akses berbasis peran (RBAC)
- c. Sistem monitoring performa infrastruktur dan aplikasi secara *real-time*

### 3. Hasil

Hasil Penelitian ini bertujuan untuk merancang model kerangka arsitektur yang mendukung persyaratan *big data* dan *cloud computing* pada perguruan tinggi negeri baru. Berdasarkan kajian pustaka dan analisis kebutuhan yang dilakukan, diperoleh data terkait tantangan dan kebutuhan yang dihadapi oleh perguruan tinggi negeri baru dalam mengelola big data dan mengadopsi *cloud computing*. Berikut ini adalah hasil analisis yang

menggambarkan komponen-komponen penting dalam perancangan arsitektur yang dapat mendukung kedua teknologi tersebut.

#### Kebutuhan Data *Cloud Computing* Bagi PTNB untuk Membangun Model Arsitektur Data Akademik

Informasi Mahasiswa: Data terkait mahasiswa seperti data pendaftaran, nilai, kehadiran, hasil ujian, profil akademik, dan data kemajuan pembelajaran.

Data Dosen: Data terkait aktivitas mengajar, profil, jadwal kuliah, rekam penelitian, serta performa pengajaran.

Data Kurikulum: Informasi tentang mata kuliah, modul pembelajaran, silabus, dan bahan ajar.

#### Data Administratif

- a. Data Keuangan: Data keuangan kampus, pembayaran mahasiswa, pengelolaan anggaran, serta biaya operasional.
- b. Data Sumber Daya Manusia: Data staf, *payroll*, catatan kehadiran, evaluasi kerja, dan administrasi dosen dan tenaga kependidikan.
- c. Data Fasilitas Kampus: Inventaris peralatan, jadwal pemeliharaan, pemesanan ruang kelas, dan fasilitas pendukung.

#### Data Penelitian dan Pengembangan

- a. Data Proyek Riset: *Dataset* penelitian yang berskala besar, rekam jejak publikasi ilmiah, eksperimen, dan hasil riset.
- b. Analisis Data: Data analisis statistik, pemodelan, simulasi, dan analisis hasil penelitian yang perlu diolah dan divisualisasikan.

#### Platform Pembelajaran dan Pengajaran

- a. Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS): Platform untuk mengelola pembelajaran daring, seperti penugasan, diskusi, materi pembelajaran, dan interaksi antara mahasiswa dan dosen.
- b. Sistem Penilaian dan Evaluasi: Sistem yang digunakan untuk penilaian mahasiswa, ujian daring, dan evaluasi pembelajaran.

#### Integrasi Sistem dan Akses Data

- a. API *Gateway* dan Layanan Integrasi: Untuk memungkinkan aplikasi kampus saling berkomunikasi, misalnya antara LMS, Sistem Informasi Akademik, dan Sistem Keuangan.
- b. Portal Kampus: Portal yang mengintegrasikan seluruh layanan kampus untuk mahasiswa, dosen, dan admin.

#### Analitik Data dan *Business Intelligence*

- a. Analisis Kinerja Akademik: Analisis untuk memahami performa akademik mahasiswa dan efektivitas kurikulum.
- b. Laporan Bisnis dan Operasional: Analisis data administrasi, penggunaan fasilitas, alur keuangan, dan data operasional kampus lainnya.

#### Keamanan dan Privasi Data

- a. Enkripsi Data: Semua data yang disimpan harus dienkripsi untuk menjamin keamanan informasi.
- b. Audit dan Kepatuhan: Monitoring aktivitas pengguna, audit akses, dan kepatuhan terhadap regulasi privasi data seperti GDPR atau UU Perlindungan Data Pribadi di Indonesia.

#### 8. *Disaster Recovery* dan *Backup*

- a. *Data Backup*: Melakukan *backup* otomatis terhadap seluruh data yang penting, baik data akademik, administrasi, maupun riset.
- b. *Disaster Recovery Plan*: Rencana untuk memulihkan data jika terjadi gangguan besar atau bencana.

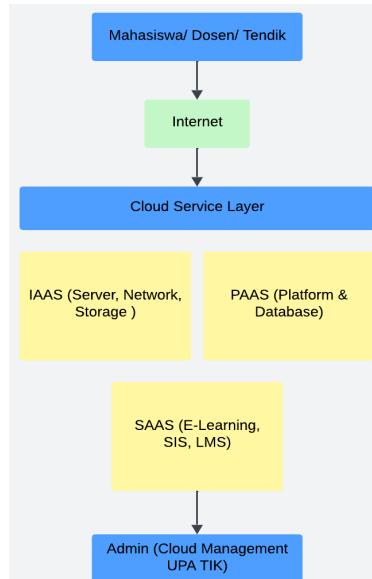
#### 9. Manajemen Infrastruktur dan Monitoring

- a. Monitoring Infrastruktur: Untuk memantau penggunaan server, storage, jaringan, serta kinerja aplikasi.
  - b. *Log Management*: Mengelola log aktivitas dari aplikasi dan pengguna untuk keperluan audit dan troubleshooting.
- A. Model Arsitektur *Cloud Computing*

Arsitektur *cloud computing* untuk perguruan tinggi negeri baru harus mampu menyediakan skalabilitas, fleksibilitas, dan keamanan dalam pengelolaan data [12]. Berdasarkan analisis kebutuhan, model arsitektur *cloud computing* yang diusulkan mencakup beberapa komponen utama, yaitu:

1. *Cloud Service Layers*: Model ini terdiri dari tiga lapisan utama: IaaS (*Infrastructure as a Service*), PaaS (*Platform as a Service*), dan SaaS (*Software as a Service*).

- a. IaaS : menyediakan infrastruktur komputasi, penyimpanan, dan jaringan yang dapat diakses oleh perguruan tinggi untuk menyimpan dan mengelola data.
- b. PaaS : memberikan platform untuk pengembangan aplikasi berbasis *cloud* yang mendukung kebutuhan administratif dan akademik perguruan tinggi.
- c. SaaS : menyediakan perangkat lunak untuk berbagai fungsi seperti manajemen akademik, administrasi, dan komunikasi yang bisa langsung digunakan tanpa instalasi lebih lanjut.



Gambar 1. Layanan *cloud* yang diakses oleh pengguna di lingkungan Universitas

2. Data *Center Virtualization* : Virtualisasi *data center* memungkinkan perguruan tinggi untuk mengelola sumber daya secara efisien dan meningkatkan fleksibilitas operasional. Dengan adanya virtualisasi, perguruan tinggi dapat menambah kapasitas komputasi dan penyimpanan data sesuai dengan kebutuhan [13].
3. Keamanan dan Manajemen Akses: Keamanan data merupakan hal yang sangat penting dalam arsitektur *cloud computing*. Implementasi sistem keamanan yang memadai mencakup enkripsi data, kontrol akses berbasis peran (*role-based access control*), serta mekanisme pemulihan bencana untuk memastikan keberlanjutan layanan.



Gambar 2. Model Arsitektur Layanan *Cloud Computing* PTNB

Dari gambar tersebut mencerminkan bagaimana data dikumpulkan dari sumber, disimpan dalam *cloud*, diproses, dianalisis, dan diakses oleh pengguna akhir.

#### B. Kebutuhan Data Arsitektur *Big Data*

Dalam mendukung pengelolaan *big data*, perguruan tinggi negeri baru perlu mengadopsi arsitektur *big data* yang mampu menangani volume, kecepatan, dan variasi data yang besar. Dalam merancang Arsitektur *Big Data* untuk Perguruan Tinggi Negeri Baru (PTNB), ada beberapa kebutuhan data yang perlu dipenuhi untuk memastikan bahwa solusi *Big Data* dapat mendukung semua aspek operasional dan strategis perguruan tinggi secara efisien [14]. Berikut adalah kebutuhan data yang menjadi persyaratan dalam merancang arsitektur *Big Data* di PTNB:

##### 1. Data Akademik

- Data Mahasiswa: Meliputi informasi demografis mahasiswa (nama, usia, alamat), data akademik (nilai, program studi, jadwal kuliah, absensi), catatan aktivitas belajar, hasil tes, dan data interaksi di *platform e-learning*.
  - Data Dosen: Informasi pribadi dan profesional dosen, seperti profil, jadwal mengajar, bahan ajar, catatan penilaian, dan catatan kegiatan penelitian.
  - Data Kurikulum dan Mata Kuliah: Detail mengenai kurikulum, deskripsi mata kuliah, silabus, jadwal perkuliahan, serta hubungan antar mata kuliah.
- Kebutuhan Arsitektur:
- Penyimpanan terstruktur dalam *Data Warehouse* untuk menyimpan data akademik yang siap untuk analisis dan pelaporan.

- b. Penyimpanan fleksibel untuk bahan ajar seperti rekaman video, presentasi, dan dokumen pembelajaran, yang dapat dikelola dalam *Data Lake*.
2. Data Administratif dan Operasional
- a. Data Keuangan: Data pembayaran mahasiswa, anggaran universitas, gaji pegawai, biaya operasional, dan data audit.
  - b. Data Sumber Daya Manusia: Meliputi data pegawai (staf pengajar dan tenaga kependidikan), evaluasi kinerja, catatan kehadiran, dan aktivitas pengembangan profesional.
  - c. Data Inventaris dan Fasilitas: Informasi terkait pemanfaatan ruang kelas, laboratorium, peralatan, pemeliharaan fasilitas, serta ketersediaan dan pemakaian sumber daya kampus.
- Kebutuhan Arsitektur:
- a. *ERP System Integration* : Mengintegrasikan data operasional dan administratif agar dapat dianalisis secara holistik.
  - b. *Centralized Data Storage* : *Data Warehouse* yang mencakup berbagai aspek keuangan dan operasional untuk mendukung efisiensi dan analisis biaya.
3. Data Riset dan Pengembangan
- a. *Dataset Penelitian*: Data yang terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh dosen dan mahasiswa, seperti data percobaan, hasil *survey*, publikasi ilmiah, dan *dataset* terbuka.
  - b. Kolaborasi dan Penelitian Terbuka: Data dari kolaborasi dengan institusi lain, jurnal ilmiah, dan data eksperimen yang dapat diakses oleh peneliti.
- Kebutuhan Arsitektur:
- a. Data Lake untuk penyimpanan data riset mentah yang tidak terstruktur, baik dalam bentuk dokumen, gambar, atau file lainnya.
  - b. *High Performance Computing* (HPC) untuk mendukung analisis dan simulasi yang memerlukan pemrosesan komputasi yang intensif.
4. Data Interaksi Pengguna
- a. Data *E-Learning*: Aktivitas pengguna di platform pembelajaran, termasuk waktu akses, materi yang diakses, interaksi dalam forum, dan data penggunaan LMS (*Learning Management System*).
  - b. Log Aktivitas Pengguna: Data interaksi mahasiswa, dosen, dan staf dengan berbagai sistem kampus, seperti portal akademik, aplikasi perpustakaan, dan sistem manajemen keuangan.
- Kebutuhan Arsitektur:
- a. *Real-Time Data Processing* untuk memantau dan menganalisis aktivitas pengguna, misalnya untuk mendeteksi pola perilaku mahasiswa atau untuk personalisasi materi ajar.
  - b. *Streaming Platform* seperti Apache Kafka untuk pengambilan dan pemrosesan data interaksi pengguna secara real-time.
5. Data IoT dan Sensor
- a. Data Pemanfaatan Fasilitas Kampus: Data dari sensor IoT seperti sensor kehadiran di ruang kelas, CCTV, sistem pengelolaan energi, dan pemantauan lingkungan.
  - b. *Smart Campus*: Data dari sistem *smart campus* yang mencakup penggunaan fasilitas (misalnya, penggunaan listrik, air, AC, dsb.) untuk optimasi operasional kampus.
- Kebutuhan Arsitektur:
- a. Penyimpanan Data Lake untuk menyimpan data sensor dan IoT yang tidak terstruktur.
  - b. *Real-Time Analytics* untuk menganalisis penggunaan fasilitas dan membantu pengambilan keputusan terkait pengelolaan kampus.
6. Data Pelaporan dan Analitik
- a. Data Pelaporan Akademik: Data terkait perkembangan akademik mahasiswa, laporan pencapaian, data akreditasi, dan laporan performa.
  - b. Data Evaluasi Kinerja: Evaluasi program studi, performa dosen, hasil survei kepuasan mahasiswa, dan data terkait efektivitas pembelajaran.
- Kebutuhan Arsitektur:

- a. *Business Intelligence Tools* seperti Tableau, Power BI, atau Google Data Studio untuk visualisasi data dan laporan pelaporan.
  - b. *Analytic Platforms* yang terintegrasi dengan data *warehouse* untuk mendukung pembuatan laporan akademik dan administrasi.
7. Keamanan dan Privasi Data
- a. Data Pribadi: Data sensitif mahasiswa, dosen, dan staf harus dijaga keamanannya.
  - b. Data Akses dan Audit: Data terkait siapa yang mengakses informasi tertentu dan kapan.
- Kebutuhan Arsitektur:
- a. *Data Encryption*: Pengamanan data saat sedang disimpan (at rest) dan saat ditransmisikan (in transit).
  - b. *Identity and Access Management (IAM)* untuk memastikan hanya pengguna yang berwenang dapat mengakses data tertentu, serta untuk audit akses data.
8. Data Integrasi Antar Sistem
- Integrasi Sistem Akademik dan Operasional: Data dari berbagai sistem, seperti Sistem Informasi Akademik, Sistem Keuangan, dan LMS, perlu terintegrasi agar memberikan pandangan holistik mengenai operasional kampus.
- Kebutuhan Arsitektur:
- a. API Management untuk mengelola integrasi antara berbagai aplikasi, memungkinkan pertukaran data secara aman dan efisien.
  - b. *Enterprise Service Bus (ESB)* untuk mendukung integrasi data antar sistem di kampus.

#### C. Model Arsitektur *Big Data* pada PTNB

Model Arsitektur *Big Data* dibutuhkan pada PTNB untuk mengelola dan menganalisis data dalam jumlah besar yang terus bertambah dari berbagai sumber, seperti sistem akademik, penelitian, dan layanan kampus. Dengan arsitektur ini, PTNB dapat mengambil keputusan berbasis data yang lebih akurat dan efisien, meningkatkan kualitas pelayanan, serta mendukung inovasi penelitian di lingkungan kampus serta meningkatkan daya saing di tingkat nasional dan internasional.

Model tingkatan persyaratan *Big Data* pada Perguruan Tinggi Negeri dapat dikategorikan menjadi beberapa tingkatan berdasarkan kompleksitas kebutuhan data dan kemampuan institusi untuk mengelola, menganalisis, dan memanfaatkan data. Berikut adalah gambaran umum tingkatan persyaratan *Big Data* pada Perguruan Tinggi Negeri:

##### 1. Tingkat Dasar (*Data Collection & Storage*)

Pada tingkat ini, perguruan tinggi fokus pada pengumpulan dan penyimpanan data dari berbagai sumber, seperti data akademik, administrasi, keuangan, dan penelitian. Infrastruktur dasar seperti database relasional dan penyimpanan *cloud* digunakan untuk memastikan data terpusat dan aman. Kebutuhan analitik terbatas pada laporan dasar atau *dashboard* sederhana untuk keperluan internal.

##### 2. Tingkat Menengah (*Data Processing & Management*)

Di tingkat ini, perguruan tinggi mulai menggunakan teknologi pemrosesan Big Data seperti Hadoop dan Apache Spark untuk menangani volume data yang lebih besar dan beragam. Manajemen data yang terstruktur dan tidak terstruktur mulai diterapkan, dengan kemampuan untuk mengintegrasikan data dari berbagai sumber (silo data) dan memprosesnya secara paralel. Analitik deskriptif untuk pelaporan yang lebih detail mulai diterapkan di tingkat ini.

##### 3. Tingkat Lanjutan (*Data Analysis & Machine Learning*)

Pada tingkat ini, perguruan tinggi memiliki infrastruktur analitik yang lebih kompleks, termasuk penggunaan model statistik dan *machine learning* untuk analisis prediktif dan preskriptif. Data digunakan untuk menganalisis tren, membuat prediksi (misalnya, tentang tingkat kelulusan atau

ketepatan waktu), serta untuk optimisasi operasional kampus [15]. Infrastruktur pendukung, seperti data lake atau data warehouse, digunakan untuk menyimpan data historis dalam jumlah besar.

#### 4. Tingkat Profesional (*Advanced Data Intelligence & Decision Support*)

Pada tingkat profesional, perguruan tinggi telah mengintegrasikan *big data analytics* dengan sistem pengambilan keputusan berbasis AI untuk mendukung kebijakan strategis secara otomatis dan real-time. Data digunakan untuk analitik prediktif yang kompleks, pemodelan berbasis AI, dan mendukung pengembangan platform *decision support system* (DSS) yang membantu manajemen dan pemangku kebijakan kampus dalam perencanaan jangka panjang, peningkatan layanan, serta inovasi akademik dan penelitian [16].

Pada Gambar 3 dapat dilihat tingkatan kebutuhan arsitektur *cloud computing* pada PTNB, dimana setiap tingkatan memiliki peranan dan tugas yang berbeda mulai dari sumber data sampai pengguna akhir.



Gambar 3. Model tingkatan persyaratan *big data* pada Perguruan Tinggi Negeri

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa arsitektur *cloud computing* dan *big data* yang diusulkan mampu mendukung berbagai kebutuhan perguruan tinggi negeri baru dalam pengelolaan data yang efisien. Arsitektur *cloud computing* memberikan solusi untuk mengurangi beban infrastruktur fisik dengan memanfaatkan sumber daya komputasi berbasis *cloud*, sementara arsitektur *big data* memungkinkan perguruan tinggi untuk mengelola dan menganalisis data dalam jumlah besar secara efisien. Melalui pengimplementasian model arsitektur *cloud computing*, perguruan tinggi dapat meningkatkan fleksibilitas operasional dan mengurangi biaya investasi infrastruktur. Selain itu,

pengintegrasian *big data* ke dalam sistem memungkinkan perguruan tinggi untuk memanfaatkan data dalam pengambilan keputusan strategis dan operasional [17]. Dengan menggabungkan kedua teknologi ini, perguruan tinggi negeri baru dapat lebih siap untuk menghadapi tantangan di era digital yang semakin berkembang.

Secara keseluruhan, model kerangka arsitektur yang diusulkan memberikan solusi yang dapat diterapkan oleh perguruan tinggi negeri baru untuk menghadapi kebutuhan terkait pengelolaan *big data* dan *cloud computing*. Dengan merancang sistem yang terintegrasi dan fleksibel, perguruan tinggi dapat mengoptimalkan penggunaan teknologi ini untuk meningkatkan kualitas pendidikan, riset, dan administrasi di masa depan.

#### 4 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang model kerangka arsitektur yang dapat mendukung persyaratan *big data* dan *cloud computing* pada perguruan tinggi negeri baru. Melalui analisis kebutuhan dan desain arsitektur, ditemukan bahwa integrasi antara teknologi *big data* dan *cloud computing* dapat membantu perguruan tinggi dalam mengelola data akademik, administratif, dan riset secara lebih efisien dan skalabel. Model arsitektur yang diusulkan mencakup komponen-komponen penting seperti penyimpanan data terdistribusi, sistem manajemen data terpusat, dan mekanisme keamanan yang kuat untuk melindungi data sensitif.

Implikasi dari penelitian ini sangat signifikan bagi perguruan tinggi negeri baru yang ingin mengadopsi teknologi *big data* dan *cloud computing*. Model arsitektur yang dikembangkan memberikan panduan praktis dalam merancang infrastruktur TI yang mampu mengakomodasi volume data yang terus berkembang, sambil memastikan keberlanjutan operasional dan keamanan data. Penelitian ini juga memberikan kontribusi pada literatur ilmiah terkait penerapan teknologi *cloud* dan *big data* dalam konteks pendidikan tinggi, serta membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut mengenai penerapan model ini di berbagai institusi pendidikan di Indonesia.

#### Referensi

- [1] A. Haleem, M. Javaid, M. A. Qadri, and R. Suman, “Understanding the role of digital technologies in education: A review,” *Sustain. Oper. Comput.*, vol. 3, pp. 275–285, 2022, doi: 10.1016/j.susoc.2022.05.004.
- [2] M. S. Ummah, Tinjauan Strategis Keamanan Siber Indonesia Teknologi Cloud dan Tata Kelola Data, vol. 11, no. 1. 2019.
- [3] J. T. Santoso, “Komputasi awan,” *Computing*, pp. 0–297, 2023.
- [4] M. M. Ziezo, J. O. Osakwe, M. M. Ujakpa, and G. E. Iyawa, “Challenges of Implementing Big Data Technology in Higher Institutions,” *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 3, no. 3, pp. 376–391, Sep. 2021, doi: 10.51519/journalisi.v3i3.161.
- [5] V. H. Pardeshi, “Cloud Computing for Higher Education Institutes: Architecture, Strategy and Recommendations for Effective Adaptation,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 11, pp. 589–599, 2014, doi: 10.1016/S2212-5671(14)00224-X.
- [6] I. Mutia, “Pemanfaatan Komputasi Awan (Cloud Computing) Bagi Pembelajaran Mahasiswa Perguruan Tinggi,” *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 1, no. 1, Aug. 2016, doi: 10.30998/string.v1i1.963.
- [7] Sabrina Putri, Adhe Eva Yolanda, Haryati, Ayulia Indah Utami, Rizka Anisa Putri, and Alwi Alwilo Haryada, “Penerapan Sistem Cloud Computing Dalam Meningkatkan Efisiensi Kerja Pada Organisasi Kesatuan Aksi Mahasiswa Sibolga Tapting (KAMISTA) dengan Menggunakan Layanan Google Drive,” *J. Komput. Teknol. Inf. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 222–231, 2023, doi: 10.62712/juktisi.v2i1.54.
- [8] Zulfi Al Hakim, “Arsitektur Microservices dan Fungsinya dalam Lingkungan Cloud.” <https://btech.id/id/news/microservices-architecture-and-their-function-in-the-cloud-environment/>.
- [9] A. Y. Sukhoco and F. Lanvino, “Perancangan Arsitektur Sistem Smart Campus Berbasis Cloud di Kampus XYZ,” *Media Inform.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.37595/mediainfo.v21i1.90.
- [10] A. JOSE ROMERO PEREZ PERANCANGAN MODEL ARSITEKTUR ENTERPRISE MENGGUNAKAN TOGAF VERSI 9 PADA PEMERINTAHAN DAERAH KOTA TANGERANG, vol. 85, no. 1. 2016.
- [11] K. C. Cuya and T. D. Palaoag, “Blockchain in Higher Education: Advancing Security, Verification, and Trust in Academic Credentials,” *Nanotechnol. Perceptions*, vol. 20, no. S3, pp. 373–386, 2024, doi: 10.62441/nano-

- ntp.v20iS3.28.
- [12] F. Khoda Parast, C. Sindhav, S. Nikam, H. Izadi Yekta, K. B. Kent, and S. Hakak, “Cloud computing security: A survey of service-based models,” *Comput. Secur.*, vol. 114, p. 102580, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.cose.2021.102580.
- [13] B. Wang, “Construction Research of University Data Centre of Cloud Computing Based on Virtualization Technology,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 569, no. 5, p. 052022, Jul. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/569/5/052022.
- [14] B. Daniel, “Big Data and analytics in higher education: Opportunities and challenges,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 46, no. 5, pp. 904–920, Sep. 2015, doi: 10.1111/bjet.12230.
- [15] Michael Wegerbauer, “How Analytics Helps Universities Improve Their Student Performance,” 2023. <https://mrccedtech.com/how-analytics-helps-universities-improve-their-student-performance/>.
- [16] J. Zhang and S. B. Goyal, “AI-Driven Decision Support System Innovations to Empower Higher Education Administration,” *J. Comput. Mech. Manag.*, vol. 3, no. 2, pp. 35–41, Jul. 2024, doi: 10.57159/gadl.jcmm.3.2.24070.
- [17] Grady Andersen & MoldStud Research Team, “The Impact of Big Data on Decision Making in Higher Education IT,” 2024. <https://moldstud.com/articles/p-the-impact-of-big-data-on-decision-making-in-higher-education-it>.