

# ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH

Oleh:

Ahmad Muhajir<sup>1</sup>

Noor Latifah<sup>2</sup>

Universitas Muria Kudus

Alamat: Jl. Lkr. Utara, Kayuapu Kulon, Gondangmanis, Kec. Bae, Kabupaten Kudus,  
Jawa Tengah (59327).

Korespondensi Penulis: [202353058@umk.ac.id](mailto:202353058@umk.ac.id), [noor.latifah@umk.ac.id](mailto:noor.latifah@umk.ac.id).

**Abstract.** *Secondary schools in Indonesia face significant challenges regarding Information Technology (IT) system fragmentation. Currently, Learning Management Systems (LMS) and academic administration systems encompassing grading, attendance, and financial management operate in isolation without integration. This condition leads to operational inefficiencies, data duplication, and redundant workloads for both teachers and administrative staff, ultimately impeding the effectiveness of the educational process. This study aims to design a Hybrid Cloud architecture leveraging Infrastructure as a Service (IaaS) and Platform as a Service (PaaS) models to establish an integrated platform that unifies the LMS with academic administration systems. The architectural design adopts the Cloud Adoption Framework (CAF). The methodological stages include: (1) requirements analysis and workload characterization to determine optimal placement within public or private clouds; (2) service model selection, wherein IaaS is utilized for components requiring granular control and high security (e.g., grading databases and student records), while PaaS is employed for the integration platform, API management, and analytics services; and (3) technical architecture design, encompassing hybrid connectivity, centralized identity management, and real-time data synchronization mechanisms. This research yields a comprehensive blueprint for a*

# ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH

*Hybrid Cloud architecture. Feasibility analysis indicates that the proposed architecture successfully consolidates fragmented systems into a single, centralized platform that is both scalable and secure. From an economic perspective, a five-year Total Cost of Ownership (TCO) simulation projects cost savings of 35-40% compared to disparate, on-premise approaches. This efficiency is attributed to the strategic shift from a Capital Expenditure (CAPEX) model to a more efficient Operational Expenditure (OPEX) model.*

**Keywords:** *Architecture, Cloud, IaaS, PaaS.*

**Abstrak.** Sekolah menengah di Indonesia menghadapi tantangan fragmentasi sistem teknologi informasi, dimana Learning Management System (LMS) dan sistem administrasi akademik (seperti pengolahan nilai, kehadiran, dan keuangan) berjalan secara terpisah dan tidak terintegrasi. Kondisi ini menimbulkan inefisiensi operasional, duplikasi data, dan beban kerja ganda bagi guru dan tenaga administrasi, sehingga menghambat efektivitas proses pendidikan. Penelitian ini bertujuan merancang suatu arsitektur *Hybrid Cloud* yang memanfaatkan model layanan *Infrastructure as a Service* (IaaS) dan *Platform as a Service* (PaaS) untuk menciptakan sebuah platform terintegrasi yang menyatukan LMS dan sistem administrasi akademik. Perancangan arsitektur dilakukan dengan mengadopsi kerangka kerja Cloud Adoption Framework (CAF). Tahapan metodologi mencakup: (1) Analisis kebutuhan dan karakteristik beban kerja untuk menentukan penempatan optimal di public atau private cloud; (2) Pemilihan model layanan, di mana IaaS digunakan untuk komponen yang memerlukan kendali penuh dan keamanan tinggi (seperti database nilai dan data siswa), sementara PaaS dimanfaatkan untuk platform integrasi, API management, dan layanan analitik; serta (3) Perancangan arsitektur teknis yang mencakup hybrid connectivity, manajemen identitas terpusat, dan mekanisme sinkronisasi data real-time. Penelitian ini menghasilkan sebuah blueprint arsitektur *Hybrid Cloud* yang komprehensif. Analisis kelayakan menunjukkan bahwa arsitektur yang diusulkan berhasil mengonsolidasikan sistem yang terfragmentasi menjadi satu platform terpusat yang scalable dan aman. Dari aspek ekonomis, simulasi *Total Cost of Ownership* (TCO) selama 5 tahun memperkirakan penghematan biaya sebesar 35-40% dibandingkan pendekatan sistem terpisah dan on-premise, berkat pergeseran dari model biaya modal (CAPEX) ke model biaya operasional (OPEX) yang lebih efisien.

**Kata Kunci:** Arsitektur, Cloud, IaaS, PaaS.

## LATAR BELAKANG

Pendidikan mengacu pada penggunaan alat, teknologi, proses, prosedur, sumber daya, dan strategi untuk meningkatkan pengalaman belajar dalam berbagai pengaturan pembelajaran sepanjang hayat, pembelajaran sesuai permintaan, pembelajaran di tempat kerja, dan pembelajaran tepat waktu. Pendekatan teknologi pendidikan berevolusi dari penggunaan awal alat pengajaran dan telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir untuk memasukkan perangkat dan pendekatan seperti teknologi seluler, realitas virtual dan augmented, simulasi dan lingkungan imersif, pembelajaran kolaboratif, jejaring sosial, komputasi awan, *flipped class room*, dan lainnya. (Perspektif Sistem Dalam Teknologi Pendidikan) Pemanfaatan perkembangan teknologi dapat mempermudah pekerjaan, salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini adalah *cloud computing*. *Cloud computing* merupakan komputasi yang didukung oleh layanan jaringan komputer, skala komputasinya dapat diubah secara dinamis dan sumber dayanya disediakan melalui *internet* dalam bentuk jasa. Semua *resource (software, platform, infrastructure)* di dalam *cloud computing* telah disediakan oleh penyedia jasa sehingga pengguna tidak akan dibebankan lagi dalam penyediaan *resource* (Abidah et al., 2020).

Pada umumnya dalam penyimpanan data, data disimpan menggunakan media penyimpanan secara fisik seperti *flashdisk* atau *harddisk* yang berada di dalam perangkat komputer. Data dan informasi siswa atau dokumen-dokumen penting yang disimpan secara fisik memungkinkan risiko data atau bahkan perangkat yang digunakan hilang atau perangkat mengalami *crash*, sehingga risiko yang didapat cukup tinggi karena tidak memiliki *backup data* atau data cadangan lagi (Widyastuti et al., n.d.-a). Meskipun teknologi informasi dan Komputasi Awan menawarkan potensi besar untuk efisiensi, penerapannya di sekolah menengah di Indonesia saat ini masih menghadapi tantangan serius berupa fragmentasi sistem TI. Kondisi ini ditandai dengan Learning Management System (LMS) yang berjalan terpisah dari sistem administrasi akademik (seperti pengolahan nilai, kehadiran, dan keuangan). Secara operasional, sistem yang terpisah ini menimbulkan risiko data yang disimpan secara fisik, potensi kehilangan atau kerusakan yang tinggi (Widyastuti et al., n.d.-a), serta menyebabkan inefisiensi, duplikasi data, dan beban kerja ganda bagi guru dan stave administrasi (Pengaruh Penggunaan Cloud

# ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH

Computing “Nextcloud” Pada Efektivitas Dan Efisiensi Administrasi Sekolah Di Sma Negeri 3 Ciamis, N.D.). Penggunaan *multi-platform* aplikasi pembelajaran yang berbeda juga memperparah kondisi fragmentasi ini (Shahnyb & Amalia, n.d.), sehingga secara keseluruhan menghambat efektivitas proses pendidikan yang terintegrasi. Dengan hal itu, layanan teknologi informasi yang memungkinkan pengguna untuk mengakses sumber daya IT secara fleksibel dan efisien melalui *internet*. *Cloud Computing* memungkinkan penyedia layanan untuk menyediakan akses ke berbagai sumber daya IT seperti *server*, jaringan, penyimpanan, perangkat lunak, dan layanan bisnis lainnya, secara *virtual* melalui *internet*. Model layanan *Cloud Computing* terbagi menjadi tiga jenis utama: *Infrastructure as a Service* (IaaS) dan *Platform as a Service* (PaaS) (Pengaruh Penggunaan Cloud Computing “Nextcloud” Pada Efektivitas Dan Efisiensi Administrasi Sekolah Di Sma Negeri 3 Ciamis, N.D.).

Untuk mengatasi tantangan fragmentasi dan inefisiensi ini, pemanfaatan arsitektur Komputasi Awan (*Cloud Computing*) terbukti merupakan solusi fundamental yang menjanjikan (Abidah et al., 2020). Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan aplikasi parsial *cloud* di sekolah, seperti perancangan *Private Cloud* berbasis IaaS untuk memastikan keamanan dan kontrol penuh terhadap data nilai siswa yang sensitive (Muhamad Galih Sundayana, N.D.). Di sisi lain, model layanan PaaS (*Platform as a Service*) dan SaaS (*Software as a Service*) banyak dimanfaatkan untuk aplikasi pembelajaran dan manajemen data yang fleksibel (Prayudi et al., n.d.). Namun, kesenjangan penelitian (*research gap*) yang ditemukan adalah belum adanya perancangan arsitektur *Hybrid Cloud* di sekolah menengah yang secara spesifik mampu mengintegrasikan kebutuhan keamanan (IaaS) dengan kebutuhan fleksibilitas aplikasi (PaaS) menjadi satu *platform* terpusat yang *scalable* dan aman. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan arsitektur tersebut. *Cloud computing* dapat terdiri dari beberapa jenis layanan yang dikenal dengan SaaS, PaaS dan IaaS (Zaki et al., 2023).

Berdasarkan urgensi fragmentasi sistem yang menghambat efektivitas pendidikan (Paragraf 2) dan kesenjangan penelitian yang ada (Paragraf 3), penelitian ini bertujuan merancang suatu arsitektur *Hybrid Cloud* yang memanfaatkan model layanan *Infrastructure as a Service* (IaaS) dan *Platform as a Service* (PaaS) untuk menciptakan sebuah *platform* terintegrasi yang menyatukan LMS dan sistem administrasi akademik.

Perancangan arsitektur yang komprehensif ini dilakukan dengan mengadopsi kerangka kerja *Cloud Adoption Framework* (CAF). Penggunaan kerangka kerja adopsi *cloud* yang terstruktur, seperti CAF, menjadi fundamental dalam implementasi teknologi di sekolah(Widyastuti et al., n.d.-a), guna memastikan bahwa proses migrasi dan perancangan infrastruktur dapat berjalan secara efektif, aman, dan selaras dengan tujuan strategis institusi. Dengan *cloud computing*, dapat mengurangi biaya operasional sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi dalam menjalankan aktivitas. Efisiensi dalam Pendidikan Sekolah mengacu pada penggunaan sumber daya yang optimal untuk mencapai tujuan, baik itu dalam hal waktu, biaya, maupun tenaga kerja. Dalam konteks ini, *cloud computing* memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi bisnis(Fortiman Telaumbanua, n.d.).

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *blueprint* arsitektur *Hybrid Cloud* yang komprehensif sebagai solusi *platform* terintegrasi. Secara teknis, arsitektur yang diusulkan ini akan mengonsolidasikan sistem yang terfragmentasi menjadi satu *platform* terpusat yang *scalable* dan aman, sehingga mampu meningkatkan kinerja dan efektivitas pengelolaan administrasi sekolah(Widyastuti et al., n.d.-b). Selain itu, dari aspek ekonomis, adopsi *cloud computing* dalam manajemen pendidikan adalah alternatif yang sangat baik, terutama bagi lembaga yang menghadapi keterbatasan anggaran, karena memungkinkan pergeseran dari biaya modal (CAPEX) ke biaya operasional (OPEX) yang lebih efisien(Kosasi et al., 2022). Melalui simulasi *Total Cost of Ownership* (TCO) selama 5 tahun, penelitian ini mengestimasi potensi penghematan biaya sebesar 35-40% dibandingkan dengan pendekatan sistem terpisah (*on-premise*)(Fortiman Telaumbanua, n.d.).

## **METODE PENELITIAN**

Untuk mengetahui arsitektur penerapan strategi dan manfaat teknologi Komputasi Awan pada Arsitektur *Hybrid Cloud* berbasis IaaS dan PaaS untuk Integrasi Terpusat Sistem Pendidikan Sekolah Menengah, yang akan digunakan metode studi literatur. Pencarian literatur dengan topik Komputasi Awan dilakukan dengan mencari artikel dari jurnal Google Scholar dan sumber jurnal lainnya selama periode tahun 2020 sampai dengan tahun 2025. Artikel jurnal yang dipilih adalah artikel jurnal yang sudah terbit yang relevan dengan tema penelitian, Arsitektur *Hybrid Cloud* berbasis IaaS dan PaaS untuk

# ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH

Integrasi Terpusat Sistem Pendidikan Sekolah Menengah. Pada pemilihan tinjauan literatur dilakukan berdasarkan topik yang di ambil. Dengan dipilih 20 literatur, dalam pemilihan literatur dilakukan dengan cara memilih referensi yang relevan. Berikut pemetaan tinjauan literatur ditampilkan dalam Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Tinjauan Literatur

No	Tahun	Judul Jurnal (Penulis Utama)	Topik Utama (Keterkaitan dengan Hybrid Cloud)
1	2023	RANCANG BANGUN LAYANAN PRIVATE CLOUD UNTUK EFISIENSI CLOUD STORAGE DAN KEAMANAN BERBASIS IAAS DI SMA NEGERI 1 WARUNGKIARA (Muhamad Galih S.)	IaaS & Private Cloud (Teknis): Perancangan Private Cloud berbasis OpenStack (IaaS) di sekolah, mendukung aspek kendali penuh dan keamanan.
2	2024	Perancangan Private Cloud Storage Menggunakan Next cloud untuk Meningkatkan Kinerja Administrasi di Sekolah (Yuliana Putri W.)	Private Cloud (SaaS/PaaS) & Administrasi: Perancangan <i>Private Cloud Storage</i> menggunakan Nextcloud (aplikasi SaaS/PaaS) untuk sentralisasi data administrasi sekolah.
3	2023	PENGARUH PENGGUNAAN CLOUD COMPUTING "NEXTCLOUD" PADA EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI ADMINISTRASI SEKOLAH DI SMA NEGERI 3 CIAMIS (Agus Irawan)	Private Cloud (SaaS/PaaS) & Efektivitas: Analisis dampak penggunaan Nextcloud terhadap efektivitas dan efisiensi administrasi sekolah.
4	2022	Implementasi Cloud Computing Berbasis Software as a Service (SaaS) Menggunakan OwnCloud Untuk Pengolahan Data Mahasiswa (Alfasyahri Zaki)	SaaS & Manajemen Data: Implementasi OwnCloud untuk pengolahan data di tingkat perguruan tinggi, mendukung aspek layanan perangkat lunak.
5	2022	Pengembangan Cloud Computing sebagai Repository dalam mendukung pengelolaan fasilitas Pendidikan (Fathirma'ruf)	Private Cloud & Repository: Pengembangan repositori lokal berbasis cloud untuk manajemen arsip skripsi dan jurnal, mendukung aspek IaaS/PaaS.
6	2023	Sistem Informasi Pengarsipan Dokumen Menggunakan Penyimpanan	SaaS & Pengarsipan: Perancangan sistem pengarsipan berbasis web dan

		Cloud Computing Pada Smk N 1 Tegallalang (Putu Darma Putra)	<i>cloud computing</i> , mendukung integrasi aplikasi (PaaS).
7	2020	Implementasi Sistem Basis Data Cloud Computing pada Sektor Pendidikan (Ika Nuril'Abidah)	Manajemen Pendidikan & Cloud Theory: Tinjauan tentang manfaat cloud dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas basis data di sektor pendidikan.
8	2022	Manajemen dalam Konsep dan Prinsip Pengelolaan Pendidikan menggunakan Komputasi Awan (Sandy Kosasi)	Manajemen Pendidikan & TCO: Tinjauan konsep cloud untuk pengelolaan pendidikan, menyoroti penghematan modal (CAPEX) dan skalabilitas.
9	2023	Perspektif Sistem Dalam Teknologi Pendidikan (Tompul)	Teori Pendidikan: Tinjauan konseptual tentang teknologi pendidikan sebagai sistem, yang mencakup komputasi awan.
10	2024	ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN TEKNOLOGI CLOUD COMPUTING DALAM PENINGKATAN BISNIS (Agus Fortiman T.)	Efisiensi Cloud (Non-Edukasi): Analisis manfaat cloud (pengurangan biaya, kolaborasi) pada efisiensi bisnis, yang relevan untuk perhitungan TCO sekolah.
11	2021	Membangun Sistem Informasi Desa untuk Pelayanan Publik Prima Berbasis Cloud Server di Desa Pagarawan Kabupaten Bangka(Rudy Kurniawan)	IaaS/SaaS (Non-Edukasi): Perancangan cloud untuk sistem E-Desa (IaaS/SaaS), relevan untuk konsep integrasi sistem terpusat.
12	2021	EFEKTIVITAS STRATEGI PEMBELAJARAN PEER TUTORING DALAM MENINGKATKAN SELF-REGULATED LEARNING PADA MATA PELAJARAN PLATFORM KOMPUTASI AWAN (Nuraini Azizah)	Metode Pembelajaran (Pedagogi): Menunjukkan bahwa mata pelajaran <i>Komputasi Awan</i> memerlukan metode pembelajaran khusus ( <i>Peer Tutoring</i> ).
13	2022	PELATIHAN PEMROGRAMAN BERBASIS KOMPUTASI AWAN UNTUK Mendukung PEMBELAJARAN JARAK JAUH (Dwi Agus Diartono)	Metode Pembelajaran (Teknis): Pelatihan pemrograman (coding) berbasis cloud untuk mendukung PJJ.
14	2022	Pelatihan Penggunaan Google Form Sebagai Media Evaluasi Pembelajaran	Evaluasi SaaS (E-Learning Tools): Pelatihan penggunaan Google Form,

**ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS  
UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN  
SEKOLAH MENENGAH**

		Pada Siswa SMA Negeri 56 Jakarta Barat (Anita Ratnasari)	mendukung konsep integrasi layanan PaaS/SaaS publik.
15	2024	ANALISIS PERBANDINGAN APLIKASI ZOOM CLOUD MEETINGS DAN MICROSOFT TEAMS DALAM PENERAPAN E-LEARNING (Nurafni Shahnyb)	Evaluasi SaaS (E-Learning Tools): Analisis komparatif <i>tools</i> e-learning, mendukung argumen bahwa sekolah menggunakan banyak platform terpisah.
16	2022	PKM Pelatihan Server Cloud Computing Pada Linux Di SMK Mulia Pratama Medan (Petti Indrayati Sijabat)	Pelatihan Teknis (IaaS): Pelatihan <i>Server Cloud Computing</i> berbasis Linux di SMK, mendukung aspek teknis IaaS.
17	2024	Integrasi Artificial Intelligence Dalam Proses Belajar Mengajar (Arief Hermawan)	Artificial Intelligence (AI) di Edukasi: Tinjauan potensi AI, relevan sebagai layanan PaaS/SaaS masa depan yang perlu diakomodasi arsitektur cloud.
18	2024	Pelatihan Pengenalan Artificial Intelligence (AI) untuk Meningkatkan Kompetensi Guru pada Transformasi Digital (Rosyida Nurul Anwar)	Artificial Intelligence (AI) di Edukasi: Pelatihan AI untuk guru, menunjukkan kebutuhan akan platform yang mendukung alat-alat digital baru (PaaS).
19	2025	Literature Review: Website sebagai Sarana Digital Marketing pada Sekolah Dasar dan Menengah di Era Cloud Computing (Nove Kurniati Sari)	Digital Marketing & Edukasi: Peran website sekolah dan cloud computing dalam <i>digital marketing</i> , mendukung fungsi informasi publik (PaaS/SaaS).
20	2025	Workshop Peran Laboratorium Komputer untuk Layanan Pendidikan dan Penelitian (Budi Harjo)	Manajemen & Fasilitas IT: Pemanfaatan teknologi virtualisasi di Lab Komputer, relevan dengan konsep virtualisasi IaaS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Bagian ini mempresentasikan artefak utama yang dikembangkan dari proses penelitian dan perancangan, didasarkan pada metodologi *Cloud Adoption Framework* (CAF). Hasil yang disajikan terbagi menjadi tiga segmen utama: sintesis analisis kebutuhan, *blueprint* arsitektur *Hybrid Cloud*, dan validasi ekonomi melalui analisis *Total Cost of Ownership* (TCO).

#### 1. Analisis Kebutuhan Infrastruktur (Tahap Strategi CAF)

Analisis kebutuhan dilakukan pada tahap Strategi dan Perencanaan dalam CAF, yang bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan sistem Teknologi Informasi (TI) eksisting di sekolah menengah. Berdasarkan kajian terhadap infrastruktur yang ada, ditemukan adanya fragmentasi data dan keterbatasan skalabilitas pada sistem *on-premise* murni. Oleh karena itu, kebutuhan sistem dipetakan untuk menutup kesenjangan tersebut melalui adopsi teknologi yang mampu menyeimbangkan keamanan data internal dengan aksesibilitas layanan publik.

#### 2. Perancangan Arsitektur *Hybrid Cloud* Terintegrasi

*Blueprint* arsitektur *Hybrid Cloud* merupakan artefak perancangan utama yang dihasilkan dalam penelitian ini. Model ini dirancang untuk mengintegrasikan keunggulan dua model layanan komputasi awan, yaitu IaaS dan PaaS/SaaS.

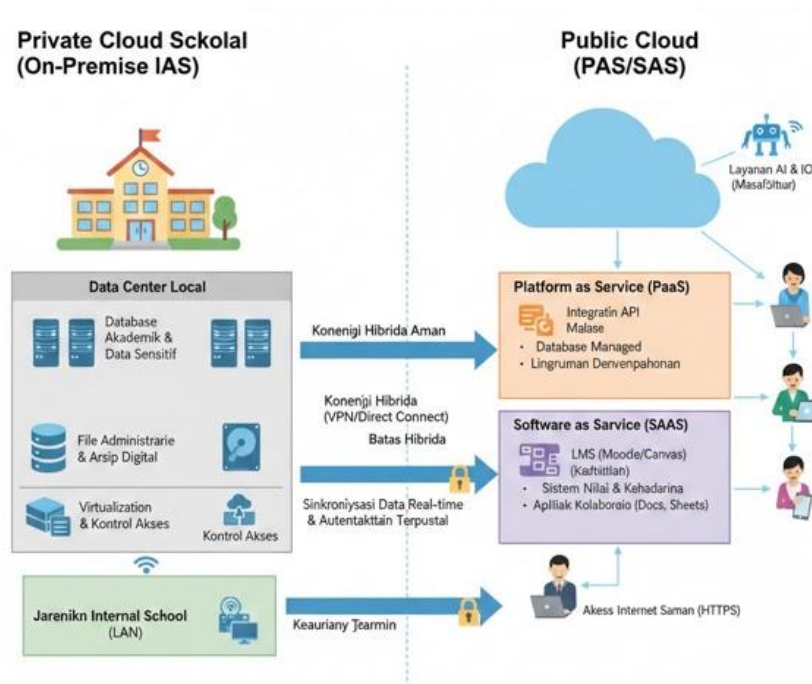
- 1) *Private Cloud* (IaaS): Komponen ini berfungsi sebagai *data center* internal yang diimplementasikan melalui teknologi virtualisasi. Fokus utamanya adalah pada pengamanan basis data administrasi dan *storage* data sensitif yang berada di bawah kontrol penuh pihak sekolah.
- 2) *Public Cloud* (PaaS/SaaS): Komponen ini digunakan untuk menampung aplikasi yang membutuhkan skalabilitas tinggi dan aksesibilitas luas, seperti *Learning Management System* (LMS), platform pemrograman siswa, dan alat evaluasi daring.

Kedua komponen ini dihubungkan secara aman (melalui VPN atau *Direct Connect*) untuk menciptakan platform tunggal yang mendukung manajemen pendidikan (*education management*) dan transformasi digital sekolah. Visualisasi

# ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH

rinci mengenai interaksi dan pembagian beban kerja antara kedua komponen disajikan dalam Gambar 1.

Gambar 1. *Arssitecture Hybrid Cloud*



### 3) Analisis Total *Cost of Ownership* (TCO)

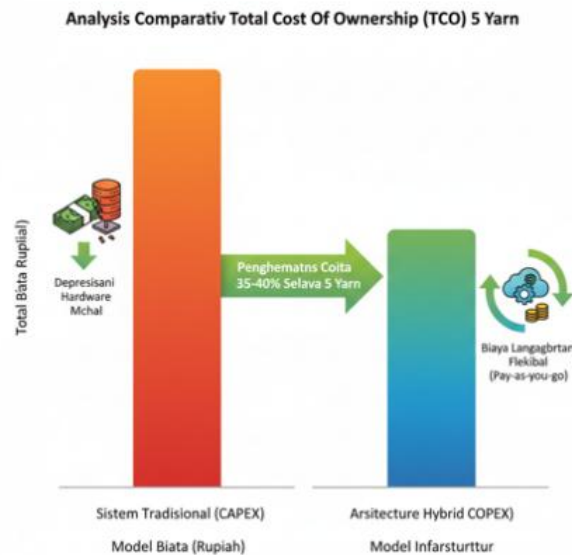
Sebagai bentuk validasi ekonomi dari hasil perancangan arsitektur di atas, dilakukan analisis komparatif Total *Cost of Ownership* (TCO) dengan proyeksi selama periode 5 tahun. Analisis ini bertujuan membuktikan efisiensi biaya yang dihasilkan oleh pergeseran model pembiayaan:

- 1) Dari CAPEX (Biaya Modal): Pengurangan pembelian server fisik dan *hardware* mahal yang rentan depresiasi.
- 2) Menjadi OPEX (Biaya Operasional): Beralih ke biaya langganan layanan *cloud* yang fleksibel dan terukur (*pay-as-you-go*).

Hasil perhitungan menunjukkan selisih biaya yang mencerminkan penghematan berkisar antara 35% hingga 40%. Angka ini memvalidasi klaim bahwa adopsi arsitektur *Hybrid Cloud* menawarkan efisiensi finansial yang signifikan dibandingkan mempertahankan sistem tradisional, yang menjadi

motivasi utama penelitian ini, visualisasi rinci mengenai interaksi dan pembagian antara kedua komponen disajikan dalam Gambar 2.

**Gambar 2.** Analisis Comparativ Total Cost of Ownership (TCO).



## Pembahasan

Pembahasan ini bertujuan untuk menginterpretasikan dan menganalisis temuan yang dihasilkan dalam Bab III Hasil, yaitu *blueprint* Arsitektur *Hybrid Cloud* IaaS/PaaS dan hasil analisis *Total Cost of Ownership* (TCO). Interpretasi ini didukung oleh kajian literatur dari 20 jurnal referensi yang digunakan dalam penelitian.

### 1. Analisis Validasi Arsitektur *Hybrid Cloud* Terintegrasi

Perancangan arsitektur yang digambarkan pada Gambar 1 telah berhasil menjawab tujuan penelitian pertama, yaitu merancang arsitektur terintegrasi yang spesifik untuk kebutuhan sekolah menengah. Pendekatan *Hybrid Cloud* divalidasi sebagai solusi yang paling efektif karena kemampuannya menyeimbangkan keamanan data sensitif dengan fleksibilitas aplikasi pembelajaran.

### 2. Justifikasi Keamanan melalui IaaS (*Private Cloud*)

Komponen *Private Cloud* (IaaS) dalam arsitektur yang diusulkan adalah respons langsung terhadap masalah keamanan dan risiko kehilangan data yang terjadi pada penyimpanan fisik eksisting. Dengan menerapkan IaaS *Private Cloud* di *data center* internal sekolah, kontrol penuh terhadap *server*, basis data akademik, dan arsip digital sensitif dapat dipertahankan. Hal ini penting untuk memastikan kepatuhan

# ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH

regulasi data pendidikan, sementara fungsi IaaS seperti virtualisasi memberikan efisiensi sumber daya. Konsep ini didukung oleh studi implementasi *cloud storage* yang terbukti memperkuat keamanan data di lingkungan sekolah.

### 3. Aksesibilitas dan Skalabilitas melalui PaaS/SaaS (*Public Cloud*)

Penggunaan *Public Cloud* (PaaS/SaaS) ditujukan untuk layanan yang membutuhkan skalabilitas tinggi dan aksesibilitas luas, seperti *Learning Management System* (LMS) dan alat evaluasi daring. Migrasi layanan ke PaaS memungkinkan sekolah fokus pada pengembangan konten tanpa harus mengelola infrastruktur *server* fisik. Pemanfaatan *cloud* publik juga mempersiapkan sekolah untuk inovasi masa depan, seperti integrasi layanan AI dalam proses belajar mengajar.

#### 1) Interpretasi Efisiensi Finansial (TCO)

Analisis TCO memvalidasi efisiensi finansial yang dicapai melalui perancangan arsitektur ini. Penghematan biaya sebesar 35-40% selama periode 5 tahun merupakan hasil nyata dari transformasi model pembiayaan teknologi di sekolah.

#### 2) Transformasi CAPEX menjadi OPEX

Penghematan ini didorong oleh pergeseran dari CAPEX (Biaya Modal) menjadi OPEX (Biaya Operasional). Sistem *on-premise* memerlukan investasi besar di awal untuk perangkat keras yang rentan terhadap depresiasi. Sebaliknya, model *Hybrid Cloud* meminimalkan CAPEX dan mengalihkan biaya ke sistem *pay-as-you-go* melalui layanan awan, yang merupakan alternatif unggul bagi lembaga pendidikan dengan anggaran terbatas.

### 4. Optimasi Operasional dan Administrasi

Selain biaya *hardware*, TCO yang rendah dihasilkan dari:

- 1) **Efisiensi SDM:** Pengurangan beban pemeliharaan infrastruktur fisik yang intensif.
- 2) **Efektivitas Administrasi:** Penerapan *cloud* terpusat meningkatkan efisiensi pengelolaan data dan mempercepat alur kerja administrasi.

### 5. Implikasi Strategis Hasil Perancangan

Perancangan arsitektur *Hybrid Cloud* ini memiliki dampak jangka panjang bagi institusi pendidikan menengah baik secara teknis maupun manajerial.

- 1) **Implikasi Akademik:** Mendukung inovasi pembelajaran dan mempersiapkan siswa SMK menghadapi Revolusi Industri 4.0 melalui platform komputasi awan yang relevan.
- 2) **Implikasi Manajerial:** Memberikan rekomendasi strategis yang *actionable* bagi manajemen sekolah, memastikan adopsi teknologi memiliki justifikasi finansial yang kuat dan terukur.

## KESIMPULAN

Arsitektur *Hybrid Cloud* yang dihasilkan terbukti secara teknis memadai untuk mengatasi fragmentasi (melalui integrasi IaaS dan PaaS) dan secara finansial efisien (melalui penghematan TCO 35-40%), memvalidasi keberhasilan penelitian dalam mencapai kedua tujuannya. Sebagai hasil akhir dari tahapan perancangan dalam CAF, penelitian ini merumuskan *blueprint* tahapan adopsi. *Blueprint* ini memandu proses mulai dari Tahap Kesiapan (termasuk peningkatan kompetensi guru dalam konteks transformasi digital dan AI), pembangunan *Private Cloud* (IaaS) di lokasi, migrasi aplikasi PaaS/SaaS, hingga konfigurasi jaringan untuk mengamankan integrasi *Hybrid*. Tahapan implementasi yang terstruktur ini memastikan bahwa adopsi Komputasi Awan dapat dilakukan secara sistematis, terukur, dan meminimalkan risiko operasional.

# ARSITEKTUR *HYBRID CLOUD* BERBASIS IAAS DAN PAAS UNTUK INTEGRASI TERPUSAT SISTEM PENDIDIKAN SEKOLAH MENENGAH

## DAFTAR REFERENSI

- Abidah, I. N., Hamdani, M. A., & Amrozi, Y. (2020). Implementasi Sistem Basis Data Cloud Computing pada Sektor Pendidikan. *KELUWIH: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(2), 77–84. <https://doi.org/10.24123/saintek.v1i2.2868>
- Fortiman Telaumbanua, A. (n.d.). *ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN TEKNOLOGI CLOUD COMPUTING DALAM PENINGKATAN BISNIS*.
- Kosasi, S., Millah, S., Puji, N., & Santoso, L. (2022). *Manajemen dalam Konsep dan Prinsip Pengelolaan Pendidikan menggunakan Komputasi Awan*. 1(1). <https://journal.pandawan.id/mentari/article/view/137>
- MUHAMAD GALIH SUNDAYANA. (n.d.).  
*PENGARUH PENGGUNAAN CLOUD COMPUTING “NEXTCLOUD” PADA EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI ADMINISTRASI SEKOLAH DI SMA NEGERI 3 CIAMIS*. (n.d.).
- Prayudi, A., Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, D., Yapis Dompou, S., & Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, M. (n.d.). Pengembangan Cloud Computing sebagai Repository dalam mendukung pengelolaan fasilitas Pendidikan. In *Jurnal Inovasi, Evaluasi, dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)* (Vol. 2, Issue 2). Desember. <http://journal.ainarapress.org/index.php/jiepp>
- Shahnyb, N., & Amalia, F. (n.d.). *CORE : JOURNAL OF COMMUNICATION RESEARCH ANALISIS PERBANDINGAN APLIKASI ZOOM CLOUD MEETINGS DAN MICROSOFT TEAMS DALAM PENERAPAN E-LEARNING SEBAGAI MEDIA KOMUNIKASI JARAK JAUH 1*.
- Widyastuti, Y. P., Setiyanti, A. A., Satya Wacana, K., Universitas, D., Satya, K., & Abstract, W. (n.d.-a). Perancangan Private Cloud Storage Menggunakan Nextcloud untuk Meningkatkan Kinerja Administrasi di Sekolah. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2024(15), 697–709. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13834069>
- Widyastuti, Y. P., Setiyanti, A. A., Satya Wacana, K., Universitas, D., Satya, K., & Abstract, W. (n.d.-b). Perancangan Private Cloud Storage Menggunakan Nextcloud untuk Meningkatkan Kinerja Administrasi di Sekolah. *Jurnal Ilmiah*

*Wahana Pendidikan*, 2024(15), 697–709.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13834069>

Zaki, A., Damanik, A. P., Syahnur, E. A., Yahya, H., Naufal, M., Hibrizi, F., & Khalis Nugraha, R. (2023). *Implementasi Cloud Computing Berbasis Software as a Service (SaaS) Menggunakan OwnCloud Untuk Pengolahan Data Mahasiswa Sistem Informasi UINSU* (Vol. 1, Issue 3). Online.