

Premises Cloud Costscape pada Efisiensi Infrastruktur IT Perguruan Tinggi di Banjarmasin

Muhammad Kaspul Anwar

Universitas Islam Negeri Antasari

230104040212@mhs.uin-antasari.ac.id

Muhammad Lutfan

Universitas Islam Negeri Antasari

230104040129@mhs.uin-antasari.ac.id

Abstrak:

Perguruan tinggi semakin dihadapkan pada kebutuhan untuk memperluas kapasitas penyimpanan server mereka guna memenuhi permintaan data yang terus meningkat. Dalam mengelola infrastruktur server fisik, Perguruan tinggi harus mempertimbangkan biaya operasional dengan cermat dan berupaya meningkatkan efisiensi biaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan biaya operasional infrastruktur on-premises, hybrid cloud, dan cloud untuk menentukan persentase efisiensi biaya operasional di pangkalan data perguruan tinggi, khususnya di Banjarmasin. Analisis kuantitatif dilakukan dengan wawancara terstruktur bersama staf IT dari tiga perguruan tinggi di Banjarmasin. Pengumpulan data difokuskan pada biaya operasional terkait masing-masing jenis infrastruktur. Temuan penelitian mengungkapkan adanya korelasi positif antara peningkatan efisiensi biaya operasional dan peningkatan output, seperti jumlah mahasiswa dan dosen, meskipun biaya operasional tahunan tetap konstan. Selain itu, penggunaan infrastruktur hybrid cloud menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi biaya, dengan kenaikan tahunan lebih dari 10% dibandingkan sistem on-premises dan public cloud.

Keywords: *Cloud, Biaya, Server, Perguruan Tinggi, Pangkalan Data*

A. PENDAHULUAN

Saat ini, perguruan tinggi menghadapi peningkatan kebutuhan akan penyimpanan server untuk mengakomodasi permintaan penyimpanan data yang terus meningkat (Afriyanti, 2022; Rahardja, 2022; Wei & Zhang, 2022). Server tidak hanya berfungsi sebagai media penyimpanan, tetapi juga sebagai pusat operasional yang memungkinkan akses cepat dan aman terhadap informasi akademik dan administratif (Purwanti & Zaman, 2016). Dalam lingkungan pendidikan, data sensitif seperti data mahasiswa dan data administrasi harus dijaga dengan

ketat, mengingat risiko kebocoran data atau akses yang tidak sah dapat berdampak serius pada integritas institusi (Sarowa et al., 2023; Shishodia & Nene, 2022).

Sebagian besar perguruan tinggi di Banjarmasin saat ini menggunakan *server* fisik, yang memungkinkan institusi memiliki kendali penuh terhadap lingkungan penyimpanan dan dapat mengelola data sesuai dengan kebijakan internal (Isnaini & Solikhatin, 2020; Zhang, 2022). Penggunaan infrastruktur *server* fisik di perguruan tinggi memberikan keuntungan berupa kontrol penuh dan keamanan data yang lebih terjamin; namun, berbagai permasalahan juga muncul (Fachri et al., 2021). Salah satu masalah utama adalah tingginya biaya perawatan dan operasional. *Server* fisik memerlukan perawatan rutin dan pembaruan perangkat keras yang dapat menyedot anggaran secara signifikan (Shvets et al., 2019). Selain itu, biaya tenaga kerja untuk mengelola dan memelihara infrastruktur fisik menjadi beban tambahan yang perlu diperhitungkan. Biaya listrik juga merupakan faktor penting, karena *server* fisik membutuhkan daya besar untuk operasional optimalnya (X. Liu et al., 2020). Semua biaya ini dapat menjadi beban finansial yang berat bagi perguruan tinggi, terutama dalam konteks tekanan untuk menghemat dan memaksimalkan penggunaan anggaran (M. Z. Hassan, 2020).

Terlepas dari kelemahan penggunaan *server* fisik, teknologi *cloud computing* menawarkan solusi yang lebih efisien. Dengan adopsi teknologi *cloud*, perguruan tinggi dapat menghemat biaya substansial karena tidak perlu lagi mengeluarkan dana besar untuk pembelian, pemeliharaan, dan pembaruan perangkat keras (Kommeri et al., 2017). Selain itu, layanan *cloud* menyediakan model pembayaran berbasis penggunaan (*pay as you go*), yang memungkinkan pengurangan biaya yang tidak diperlukan (Han et al., 2016; Wu & Zhao, 2016). Perguruan tinggi hanya mengakses sumber daya komputasi sesuai kebutuhan mereka (Zhu et al., 2016). Pengelolaan infrastruktur *server* fisik yang rumit dapat diserahkan kepada penyedia layanan *cloud*, yang biasanya memiliki tim ahli yang lebih terampil dan berpengalaman (Guo et al., 2019; Nikulchev et al., 2016). Hal ini memungkinkan perguruan tinggi mengurangi kebutuhan staf internal yang fokus pada pemeliharaan dan pemantauan *server*, sehingga mengurangi beban biaya gaji karyawan.

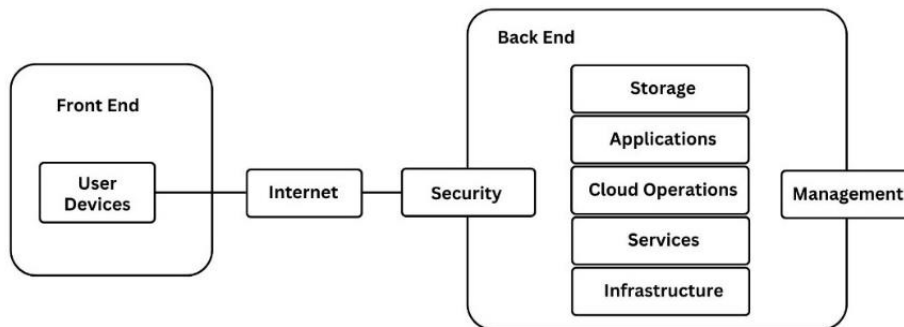
Dalam mengelola infrastruktur *server* fisik, perguruan tinggi harus memperhatikan biaya yang dikeluarkan dan meningkatkan efisiensi biaya operasional (Sarac, 2020). Untuk mengidentifikasi efisiensi penggunaan layanan *cloud* dibandingkan dengan infrastruktur *server* fisik, penelitian ini mengembangkan beberapa hipotesis yang diuji melalui analisis kuantitatif. Hipotesis ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam mengenai potensi penghematan biaya dan peningkatan persentase efisiensi operasional pangkalan data di perguruan tinggi, hipotesis yang diusulkan penulis adalah sebagai berikut: Persentase efisiensi biaya operasional akan naik apabila *output* (jumlah mahasiswa dan dosen) meningkat dengan *input* (total biaya operasional) yang sama setiap tahunnya dan Penggunaan *hybrid cloud* di perguruan tinggi Banjarmasin lebih efisien dalam biaya operasional sebesar lebih dari 10% per tahun dibandingkan *on-premises* dan *public cloud*. Setelah menyampaikan hipotesis yang diusulkan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biaya operasional infrastruktur *on-premise*, biaya operasional infrastruktur *hybrid cloud* dan biaya operasional pada infrastruktur *cloud*, sehingga dapat mengetahui persentase efisiensi biaya operasional pangkalan data di masing-masing perguruan tinggi.

Penelitian serupa telah banyak dilakukan di Eropa, India, dan China terkait dengan efisiensi infrastruktur pangkalan data. Namun, penelitian serupa di Kalimantan Selatan, khususnya di Kota Banjarmasin, masih sangat terbatas, terutama yang berfokus pada efisiensi

biaya operasional pangkalan data di perguruan tinggi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam literatur ilmiah, dengan mengungkap potensi penghematan biaya yang substansial melalui penerapan teknologi *cloud* dalam pengelolaan infrastruktur *IT* di perguruan tinggi di Kota Banjarmasin.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Infrastruktur *on-premises* adalah model komputasi di mana perangkat keras, perangkat lunak, dan semua data terkait dioperasikan serta dikelola di lokasi fisik instansi, seperti di perguruan tinggi atau institusi (Ajeh et al., 2014; Yang et al., 2015). Infrastruktur ini tidak berada di lingkungan *cloud* atau pangkalan data eksternal tetapi menempatkan semua sumber daya langsung di dalam infrastruktur instansi (Kuroda & Gokhale, 2014). Infrastruktur *on-premises* memiliki beberapa dua model utama (Adil & Beeh, 2024). Pertama, *server* fisik tradisional memberikan kontrol penuh tetapi memerlukan investasi dan biaya operasional tinggi (Nipenulis Khursange et al., 2023). Kedua, virtualisasi memungkinkan beberapa *virtual machine* berjalan pada satu perangkat keras fisik, meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas, serta dikelola oleh tim *IT* internal (Mangalagowri & Venkataraman, 2023; Perumal et al., 2022; Raza et al., 2024).

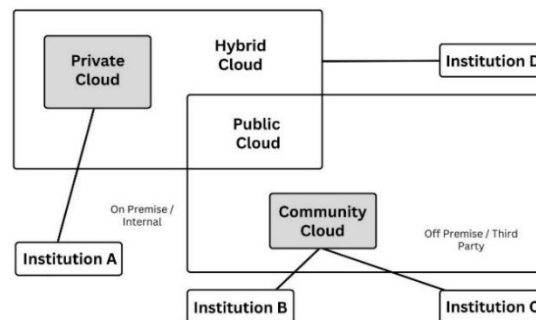


Gambar 1: Arsitektur *Cloud Computing* (Sumber: Adaptasi (Wiyanto et al., 2020))

Cloud computing adalah model komputasi yang mengizinkan akses, penyimpanan, dan pengelolaan data serta aplikasi melalui internet tanpa memerlukan kepemilikan fisik infrastruktur (Budhale & Pujari, 2022; Gusevs & Teilāns, 2023). Model ini menyediakan berbagai layanan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, seperti penyimpanan data, *server*, basis data, dan perangkat lunak, yang semuanya dapat diakses sesuai permintaan (W. Hassan et al., 2020). Instansi pendidikan, seperti perguruan tinggi dan lembaga lainnya tidak harus memiliki infrastruktur lokal untuk memanfaatkan model ini. Sehingga penggunaannya lebih *scalable*, efisien biaya, dan mendorong fleksibilitas serta lebih inovatif dalam operasi *digital*.

Model *deployment* dalam *cloud computing* terdiri dari empat kategori utama: *public cloud*, *private cloud*, *hybrid cloud* dan *community cloud* (Khan et al., 2023; Okai et al., 2014). *Total Cost of Ownership (TCO)* adalah metode evaluasi keuangan untuk membandingkan biaya infrastruktur *on-premises* dengan *cloud computing* untuk mempertimbangkan potensi efisiensi (Abdulmohson et al., 2022). Pertimbangan ekonomi dalam infrastruktur melibatkan *capital*

expenditure (CapEx) dan *operational expenditure (OpEx)* sebagai faktor utama dalam model *on-premises* dan komputasi *cloud* (Mulya, 2022; Ometsinska, 2023). *CapEx* memerlukan pengeluaran modal untuk aset fisik seperti pangkalan data dan *server*, sedangkan *OpEx* mencakup biaya operasional seperti pemeliharaan dan utilitas (Ganat, 2020; Palumbo et al., 2017). *On-premises* menekankan *CapEx* untuk investasi perangkat keras, sementara *cloud* menggunakan *OpEx* dengan model bayar sesuai penggunaan untuk layanan seperti komputasi dan penyimpanan (Kulkarni et al., 2019; Prifti et al., 2022).



Gambar 2: *Cloud Deployment Model* (Sumber: Adaptasi (Wiyanto et al., 2020))

Dalam upaya memperkaya pemahaman mengenai topik penelitian ini, diperlukan kajian mendalam terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Penelitian sebelumnya telah menyediakan landasan yang kokoh, memungkinkan penulis menilai keberlanjutan dan relevansi berbagai temuan yang ada. Penelitian-penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran tentang perkembangan topik yang dibahas, tetapi juga mengidentifikasi celah-celah yang belum terisi. Dengan meninjau dan menganalisis secara kritis hasil-hasil penelitian terdahulu, penulis dapat membangun argumen yang lebih kuat dan menentukan arah penelitian yang lebih tepat. Oleh karena itu, tabel berikut menyajikan rangkuman dari penelitian-penelitian terdahulu yang relevan, yang akan menjadi dasar bagi analisis lebih lanjut dalam penelitian ini.

Tabel 1: Penelitian terdahulu yang relevan (Sumber: Adaptasi (Shahid et al., 2023))

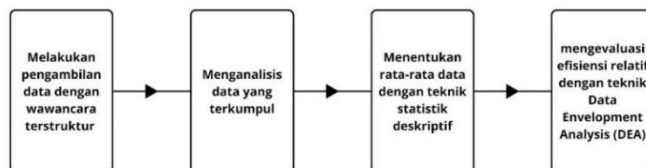
No	Nama Penulis	Tahun	Kelebihan	Kekurangan
[1]	Yuanfang Chi et al.	2021	Mempertimbangkan berbagai faktor biaya seperti <i>server</i> , perangkat jaringan, fasilitas, dan pendinginan.	Tidak mempertimbangkan biaya <i>upgrade</i> atau penggantian peralatan yang sudah usang dan tidak ada perbandingan langsung dengan model <i>TCO</i> lain seperti <i>clouds TCO</i>
[2]	Kent Ramchand et al.	2021	Memberikan perkiraan kasar (<i>Rough Order of Magnitude - ROM</i>) tentang biaya operasional <i>cloud</i> dan biaya migrasi yang membantu dalam pengambilan keputusan <i>TI</i> .	Tidak semua perusahaan melakukan analisis biaya secara menyeluruh sebelum adopsi, mengakibatkan perkiraan yang kurang akurat dan risiko biaya tambahan.

[3]	Yanan Liu et al.	2020	Meliputi berbagai aspek <i>data center</i> seperti konsumsi energi <i>server</i> , penyimpanan, dan jaringan, serta infrastruktur pendukung.	Tidak adanya data yang memadai untuk <i>data center</i> di wilayah-wilayah yang kurang berkembang atau di negara-negara dengan infrastruktur teknologi informasi yang berbeda
[4]	Rasha Makhoul	2020	Dapat mengurangi risiko terkait dengan investasi awal yang besar dalam infrastruktur <i>TI</i>	Kurangnya studi yang komprehensif tentang biaya total kepemilikan (<i>TCO</i>) di sektor perguruan tinggi
[5]	Sururah A. Bello et al.	2021	<i>Cloud computing</i> menawarkan efisiensi biaya yang memungkinkan perusahaan konstruksi menghindari investasi awal yang besar dan biaya operasional yang tinggi.	Tidak ada analisis biaya jangka panjang yang rinci untuk berbagai model penerapan <i>cloud</i> di perusahaan konstruksi dan sektor lainnya.
[6]	Zoltan Juhasz	2021	Menggunakan model biaya yang komprehensif untuk mengevaluasi dan membandingkan biaya infrastruktur <i>on-premises</i> dan <i>cloud</i> .	Biaya jangka panjang bisa lebih tinggi dibandingkan dengan infrastruktur <i>on-premises</i> jika penggunaan sangat intensif dan metodologi bergantung pada asumsi tertentu yang mungkin tidak berlaku secara universal, seperti harga listrik dan biaya personil yang dapat bervariasi secara signifikan antar lokasi.
[7]	Abdulhussein Abdulmohson et al.	2022	<i>Cloud-based</i> : Menawarkan skala biaya yang lebih fleksibel dan bisa diatur sesuai penggunaan, berpotensi lebih murah jika dilihat dari <i>TCO</i> .	Analisis biaya dalam jurnal hanya fokus pada <i>TCO</i> tanpa mempertimbangkan biaya tersembunyi atau tambahan yang mungkin muncul dalam penggunaan jangka panjang.
[8]	Farah Hussein Mohammed Jawad and Huda Husein M Jawad	2021	Menyoroti pentingnya pengurangan biaya operasional melalui adopsi <i>cloud computing</i> di tengah anggaran pendidikan yang ketat.	Metodologi tidak mencakup analisis kuantitatif yang komprehensif untuk menguatkan temuan eksploratori dan kurangnya data empiris yang mendukung efisiensi biaya dari adopsi <i>cloud computing</i> secara khusus di Irak.
[9]	Amro Al-Said Ahmad and Peter Andras	2019	Penggunaan skenario dunia nyata yang efektif (kenaikan atau penurunan tetap, kenaikan atau penurunan variabel) dan integrasi yang baik dengan literatur yang ada dan metrik skalabilitas.	Analisis biaya tidak mendetail; lebih bersifat kualitatif daripada kuantitatif dan beberapa referensi agak ketinggalan zaman, mengingat evolusi cepat teknologi <i>cloud</i> .
[10]	Hakan Aydin	2021	Pengurangan biaya untuk perangkat keras dan lunak dan mengurangi kebutuhan akan pemeliharaan dan <i>upgrade</i> infrastruktur.	Kebutuhan untuk studi lebih lanjut tentang <i>Total Cost of Ownership (TCO)</i> dalam jangka panjang.

C. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, penulis mengeksplorasi tingkat keefisienan biaya operasional antara pangkalan data *on-premises* dan layanan *cloud* di tiga perguruan tinggi di Banjarmasin. Perguruan tinggi di Banjarmasin yang menjadi rujukan penulis, antara lain Universitas Islam Negeri Antasari, Politeknik Negeri Banjarmasin, dan Sekolah Tinggi Manajemen Informatika

dan Komputer Indonesia Banjarmasin. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis kuantitatif dengan teknik pengumpulan data wawancara terstruktur yang melibatkan staf *IT* dari ketiga perguruan tinggi tersebut.



Gambar 3: Alur Prosedur Metode Penelitian (Sumber: Adaptasi (Wiyanto et al., 2020))

Pertama, wawancara secara terstruktur digunakan untuk mengumpulkan data rinci mengenai biaya operasional baik untuk pangkalan data *on-premises* maupun layanan *cloud*. Wawancara ini memastikan bahwa data yang diperoleh konsisten dan relevan dengan fokus penelitian. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif untuk menghitung rata-rata biaya operasional dari data data tersebut. Teknik analisis statistik deskriptif memberikan gambaran umum tentang data dan memungkinkan identifikasi pola-pola umum yang ada (Fulk, 2023). Selanjutnya, menggunakan teknik *Data Envelopment Analysis (DEA)* untuk mengevaluasi efisiensi relatif dari rata-rata biaya operasional, dengan mempertimbangkan *input* (biaya operasional) dan *output* (jumlah mahasiswa).

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya operasional per mahasiswa dan dosen adalah:

$$BOPPD \text{ per Mahasiswa dan Dosen} = \frac{CapEx + OpEx + Total \text{ Gaji Staf PD}}{Jumlah \text{ Mahasiswa dan dosen}}$$

Rumus 1: BOPPD per Mahasiswa dan Dosen (Sumber: Adaptasi (Wiyanto et al., 2020))

Analisis persentase efisiensi biaya operasional pangkalan data, penulis membandingkan biaya operasional pangkalan data (BOPPD) per mahasiswa dan dosen dengan BOPPD rata rata dari ke tiga perguruan tinggi. Selain itu penulis juga menganalisis persentase efisiensi biaya operasional relatif dengan menetapkan satu perguruan sebagai standarisasi, berikut adalah rumusnya:

$$\%Efisiensi \text{ terhadap rata rata} = 1 - \left(\frac{BOPPD \alpha}{Rata \text{ Rata per tahun}} \right) \times 100\%$$

Rumus 2: Persentase Efisiensi terhadap Rata-Rata (Sumber: Adaptasi (Wiyanto et al., 2020))

$$\%Efisiensi \text{ Relatif} = \left(\frac{Standar \text{ BOPPD}}{BOPPD \alpha} \right) \times 100\%$$

Rumus 3: Persentase Relatif (Sumber: Adaptasi (Wiyanto et al., 2020))

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan pangkalan data merupakan aspek penting dalam operasional institusi pendidikan tinggi, di mana efisiensi dan efektivitas sistem sangat mempengaruhi kualitas layanan akademik dan administrasi (Kaewkamol, 2022; Rizos et al., 2022). Dalam penelitian ini, penulis menyoroti implementasi dan perbandingan tiga jenis infrastruktur yang digunakan oleh Universitas Islam Negeri Antasari, Politeknik Negeri Banjarmasin, dan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen dan Ilmu Komputer Indonesia Banjarmasin. Dari hasil data yang sudah penulis kumpulkan, diketahui bahwa Universitas Islam Negeri Antasari menggunakan pendekatan *on-premises*, Politeknik Negeri Banjarmasin menerapkan *hybrid cloud*, dan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen dan Ilmu Komputer Indonesia Banjarmasin memanfaatkan *public cloud*. Untuk menghitung keefisienan biaya operasional, perlu mempertimbangkan beberapa faktor, antara lain staf pengelola infrastruktur, komponen *CapEx* dan *OpEx*, serta jumlah mahasiswa dan dosen.

Untuk memperoleh gambaran yang jelas tentang alokasi sumber daya manusia dan biaya operasional yang terlibat dalam pengelolaan pangkalan data di beberapa perguruan tinggi di Banjarmasin, data mengenai jumlah staf dan gaji mereka telah dikumpulkan. Data ini mencakup tiga perguruan tinggi yang berbeda dan mencakup data tentang jumlah staf, gaji bulanan, dan gaji tahunan. Data tersebut dirangkum dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2: Staf Pangkalan Data (Sumber: Dokumentasi Penulis, Adaptasi Tabel (Wiyanto et al., 2020))

Perguruan Tinggi	Jumlah Staf	Gaji per Bulan	Gaji per Tahun
Universitas Islam Negeri Antasari	5	Rp. 19.454.000,-	Rp. 233.448.000,-
Politeknik Negeri Banjarmasin	8	Rp. 30.134.000,-	Rp. 361.608.000,-
STIMIK Indonesia Banjarmasin	3	Rp. 9.560.000,-	Rp. 114.720.000,-

Selain jumlah staf dan gaji, penting juga untuk memahami bagaimana perguruan tinggi mengelola pengeluaran modal (*CapEx*) dan pengeluaran operasional (*OpEx*). Pengeluaran ini mencakup biaya pembelian peralatan, pemeliharaan, serta layanan yang mendukung operasional pangkalan data. Data pada Tabel 3 berikut memberikan gambaran tentang alokasi *CapEx* dan *OpEx* di tiga perguruan tinggi di Banjarmasin.

Tabel 3: Tabel *CapEx* dan *OpEx* (Sumber: Dokumentasi Penulis, Adaptasi Tabel (Wiyanto et al., 2020))

Perguruan Tinggi	<i>CapEx</i> dan <i>OpEx</i>	Total Biaya per Tahun
Universitas Islam Negeri Antasari	Server (8 unit) dan UPS (6 unit)	Rp. 2.058.531.770,-
	Biaya Listrik dan Internet	
	Suku Cadang dan Pemeliharaan	
Politeknik Negeri Banjarmasin	Server (3 unit) dan UPS (5 unit)	Rp. 639.310.598,-
	Biaya Listrik dan Internet	

	Layanan Cloud dan Migrasi Data	
	Suku Cadang dan Pemeliharaan	
STIMIK Indonesia Banjarmasin	Layanan Cloud dan Migrasi Data Biaya Internet	Rp. 94.480.000,-

Data yang dipaparkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 dapat di peroleh *total cost of ownership* (TCO) pada Tabel 4 dengan menjumlahkan total biaya *CapEx* dan *OpEx* di masing masing perguruan tinggi dengan gaji yang di bayarkan oleh perguruan tinggi kepada staf pangkalan data mereka.

Tabel 4: *Total Cost of Ownership* (Sumber: Dokumentasi Penulis, Adaptasi Tabel (Wiyanto et al., 2020))

Perguruan Tinggi	Total Cost of Ownership
Universitas Islam Negeri Antasari	Rp. 2.291.979.770,-
Politeknik Negeri Banjarmasin	Rp. 1.000.918.600,-
STIMIK Indonesia Banjarmasin	Rp. 209.200.000,-

Total Cost of Ownership (TCO) yang disajikan dalam Tabel 4 memberikan gambaran mengenai total beban finansial yang harus ditanggung oleh masing-masing perguruan tinggi dalam menjalankan infrastruktur *IT* mereka. Untuk mengetahui persentase keefisienan infrastruktur *IT*, penting untuk mempertimbangkan jumlah mahasiswa dan dosen aktif yang memanfaatkan layanan *IT* di setiap perguruan tinggi. Tabel 5 memberikan informasi tentang jumlah mahasiswa dan dosen aktif dari tahun 2019 hingga 2023.

Tabel 5: Jumlah Mahasiswa dan Dosen Aktif (Sumber: PDDIKTI, Adaptasi Tabel (Wiyanto et al., 2020))

Perguruan Tinggi	Jumlah Mahasiswa dan Dosen Aktif				
	2019	2020	2021	2022	2023
Universitas Islam Negeri Antasari	13.974	13.394	13.118	12.883	12.533
Politeknik Negeri Banjarmasin	3.110	3.602	3.730	3.908	4.115
STIMIK Indonesia Banjarmasin	1.801	1.382	1.294	1.012	810

Tabel 5 memberikan gambaran tentang populasi yang memanfaatkan infrastruktur *IT* di setiap perguruan tinggi. Data ini penting untuk mengukur skala pengguna yang dilayani oleh sistem *IT*. Selanjutnya, analisis biaya operasional pangkalan data per mahasiswa dari Tabel 6 diperlukan untuk memahami efisiensi penggunaan sumber daya *IT* dalam memenuhi kebutuhan akademis dan administrasi di setiap perguruan tinggi dari tahun 2019 hingga 2023.

Tabel 6: Biaya Operasional Pangkalan Data per Mahasiswa (Sumber: Adaptasi Tabel (Wiyanto et al., 2020))

Perguruan Tinggi	Biaya Operasional Pangkalan Data per Mahasiswa				
	2019	2020	2021	2022	2023
Universitas Islam Negeri Antasari	Rp. 164.017,-	Rp. 171.120,-	Rp. 174.720,-	Rp. 177.907,-	Rp. 182.876,-
Politeknik Negeri Banjarmasin	Rp. 321.839,-	Rp. 277.878,-	Rp. 268.343,-	Rp. 256.120,-	Rp. 243.236,-
STIMIK Indonesia Banjarmasin	Rp. 116.157,-	Rp. 151.374,-	Rp. 161.669,-	Rp. 206.719,-	Rp. 258.272,-
Rata Rata BOPPD per Mahasiswa	Rp. 200.671,-	Rp. 200.124,-	Rp. 201.640,-	Rp. 213.582,-	Rp. 228.128,-

Tabel 6 menunjukkan biaya operasional pangkalan data (BOPPD) per Mahasiswa dari tahun 2019 hingga 2023 untuk Universitas Islam Negeri Antasari, Politeknik Negeri Banjarmasin, dan STIMIK Indonesia Banjarmasin, mencerminkan variasi dan tren biaya tersebut di setiap perguruan tinggi. Sebagai kelanjutan, Tabel 7 menyajikan Persentase Efisiensi Terhadap Rata-Rata BOPPD pada periode yang sama.

Tabel 7: Persentase Efisiensi Terhadap Rata Rata BOPPD (Sumber: Adaptasi Tabel (Wiyanto et al., 2020))

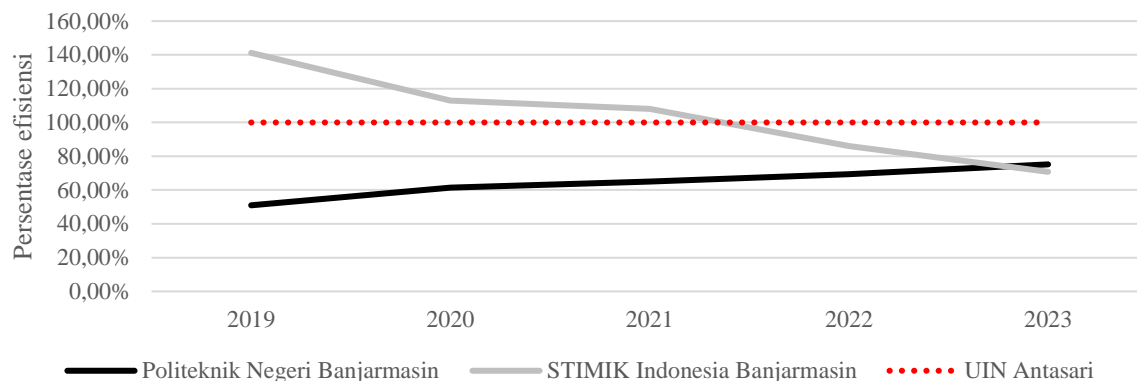
Perguruan Tinggi	Persentase Efisiensi per Tahun Terhadap Rata - Rata					
	2019	2020	2021	2022	2023	%
Universitas Islam Negeri Antasari	18,26%	14,49%	13,35%	16,70%	19,84%	7,96%
Politeknik Negeri Banjarmasin	(60,38%)	(38,85%)	(33,08%)	(23,89%)	(6,62%)	89,04%
STIMIK Indonesia Banjarmasin	57,88%	24,36%	19,82%	3,2%	(13,21%)	(122,74%)

Tabel 7 memperlihatkan persentase efisiensi terhadap rata-rata biaya operasional pangkalan data (BOPPD) dari tahun 2019 hingga 2023. Universitas Islam Negeri Antasari menunjukkan kenaikan persentase efisiensi terhadap rata rata sebesar 7,96% dari tahun 2019 sampai 2020. Politeknik Negeri Banjarmasin menunjukkan persentase kenaikan efisiensi paling signifikan di antara ketiga perguruan tinggi yaitu sebesar 89,04% terhadap rata rata. Sedangkan STIMIK Indonesia Banjarmasin menunjukkan penurunan persentase efisiensi sebesar 122,74% terhadap rata rata dari tahun 2019 sampai 2023. Sementara itu, Tabel 8 menampilkan efisiensi relatif dari kedua perguruan tinggi tersebut terhadap Universitas Islam Negeri Antasari selama periode yang sama,

Tabel 8: Efisiensi Relatif (Sumber: Adaptasi Tabel (Wiyanto et al., 2020))

Perguruan Tinggi	% Efisiensi BOPPD Relatif Terhadap UIN Antasari					
	2019	2020	2021	2022	2023	%
Politeknik Negeri Banjarmasin	50,96%	61,51%	65,11%	69,46%	75,18%	47,48%
STIMIK Indonesia Banjarmasin	141,20%	113,04%	108,07%	86,06%	70,80%	(49,93%)

Gambar 4: Grafik efisiensi Relatif (Sumber: Dokumentasi Peneliti)



Data yang disajikan dalam Tabel 8 dan Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa persentase keefisienan biaya operasional infrastruktur pangkalan data di UIN Antasari dari tahun 2019 sampai 2023 lebih stabil dan tidak mengalami perubahan signifikan, meskipun menggunakan infrastruktur *on-premises*. Sebaliknya, Politeknik Negeri Banjarmasin menunjukkan peningkatan tingkat efisiensi relatif sebesar 47,48% terhadap UIN Antasari dari 2019 sampai 2023. Peningkatan ini disebabkan oleh perpindahan infrastruktur dari *on-premises* ke layanan *cloud* secara bertahap, yang masih menggunakan keduanya, serta adanya peningkatan jumlah mahasiswa dan dosen aktif setiap tahunnya. Sementara itu, STIMIK Banjarmasin yang menggunakan layanan *publik cloud* mengalami penurunan tingkat efisiensi relatif sebesar 49,93%. Hal ini disebabkan oleh penurunan jumlah mahasiswa setiap tahunnya, meskipun biaya operasional tetap sama, sehingga biaya per mahasiswa menjadi lebih besar setiap tahunnya.

E. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tiga perguruan tinggi di Banjarmasin, penerapan teknologi *cloud*, khususnya *hybrid cloud*, dalam pengelolaan infrastruktur *IT* terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi biaya operasional. Peningkatan efisiensi biaya ini sebanding dengan peningkatan *output*, yakni jumlah mahasiswa dan dosen, dengan biaya operasional yang tetap setiap tahunnya. Selain itu, penggunaan *hybrid cloud* menunjukkan efisiensi biaya operasional yang lebih tinggi, yaitu lebih dari 10% per tahun, dibandingkan dengan sistem *on-premise* dan *public cloud*.

Dengan mempertimbangkan temuan tersebut, disarankan agar perguruan tinggi mengadopsi *hybrid cloud* sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi biaya operasional. Perguruan tinggi juga dianjurkan untuk melakukan evaluasi tahunan terhadap infrastruktur *IT* mereka guna memastikan sistem yang digunakan tetap relevan dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor tambahan yang mempengaruhi efisiensi biaya operasional dan untuk mengembangkan strategi yang lebih komprehensif dalam penerapan teknologi *cloud* di lingkungan pendidikan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulmohson, A., Kadhim, M. F., Hussein Anssari, O. M., & Al-Jobouri, A. A. H. (2022). Cost analysis of on-premise versus cloud-based implementation of Moodle in Kufa University during the pandemic. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 25(3), 1787–1794. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i3.pp1787-1794>
- Adil, S. B., & Beeh, Y. R. (2024). Implementasi Monitoring Sistem Perusahaan On-Premises dan Cloud Menggunakan Teknologi Jenkins. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 5(2), 2024–2038. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i2.832>
- Afriyanti, L. (2022). Optimalisasi Data Center Dengan Mengembangkan Virtualisasi Server (Studi Kasus : UIN Sultan Syarif Kasim Riau). *Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering (IJIRSE)*, 2(2), 73–81. <https://doi.org/10.57152/ijirse.v2i2.203>
- Ajeh, D. E., Ellman, J., & Keogh, S. (2014). A Cost Modelling System for Cloud Computing. *2014 14th International Conference on Computational Science and Its Applications*, 74–84. <https://doi.org/10.1109/ICCSA.2014.24>
- Al-Said Ahmad, A., & Andras, P. (2019). Scalability analysis comparisons of cloud-based software services. *Journal of Cloud Computing*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-019-0134-y>
- Aydin, H. (2021). A Study of Cloud Computing Adoption in Universities as a Guideline to Cloud Migration. *SAGE Open*, 11(3). <https://doi.org/10.1177/21582440211030280>
- Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Davila Delgado, J. M., Akanbi, L. A., Ajayi, A. O., & Owolabi, H. A. (2021). Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges. In *Automation in Construction* (Vol. 122). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103441>
- Budhale, K. C., & Pujari, V. B. (2022). Cloud computing: A study of mechanism and cloud cryptography. *International Journal of Computing, Programming and Database Management*, 3(2), 01–04. <https://doi.org/10.33545/27076636.2022.v3.i2a.57>
- Chi, Y., Dai, W., Fan, Y., Ruan, J., Hwang, K., & Cai, W. (2021). Total cost ownership optimization of private clouds: a rack minimization perspective. *Wireless Networks*. <https://doi.org/10.1007/s11276-021-02757-1>
- Fachri, F., Fadlil, A., & Riadi, I. (2021). Analisis Keamanan Webserver menggunakan Penetration Test. *Jurnal Informatika*, 8(2), 183–190. <https://doi.org/10.31294/ji.v8i2.10854>
- Fulk, G. (2023). Descriptive Statistics, An Important First Step. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 47(2), 63–63. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000434>
- Ganat, T. A.-A. O. (2020). *CapEx and OpEx Expenditures* (pp. 53–56). https://doi.org/10.1007/978-3-030-45250-6_8
- Guo, Z., Li, J., & Ramesh, R. (2019). Optimal Management of Virtual Infrastructures Under Flexible Cloud Service Agreements. *Information Systems Research*, 30(4), 1424–1446. <https://doi.org/10.1287/isre.2019.0871>
- Gusevs, A., & Teilāns, A. (2023). Cloud Computing. *Human. Environtment. Technology. Proceedings of the Students International Scientific and Practical Conference*, 26, 15–17. <https://doi.org/10.17770/het2022.26.6948>

- Han, G., Que, W., Jia, G., & Shu, L. (2016). An Efficient Virtual Machine Consolidation Scheme for Multimedia Cloud Computing. *Sensors*, 16(2), 246. <https://doi.org/10.3390/s16020246>
- Hassan, M. Z. (2020). Energy Consumption Model for Virtual Machines in Cloud Data Centre. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(1.4), 32–37. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/0591.42020>
- Hassan, W., Chou, T.-S., Tamer, O., Pickard, J., Appiah-Kubi, P., & Pagliari, L. (2020). Cloud computing survey on services, enhancements and challenges in the era of machine learning and data science. *International Journal of Informatics and Communication Technology (IJ-ICT)*, 9(2), 117. <https://doi.org/10.11591/ijict.v9i2.pp117-139>
- Hussein, F., Jawad, M., Husein, H., & Jawad, M. (2021). Economic challenges of cloud computing in Iraqi educational institutions using exploratory analysis. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 21(1), 566–573. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v21.i1>
- Isnaini, K. N., & Solikhatin, S. A. (2020). Information security analysis on physical security in university x using maturity model. *Jurnal Informatika*, 14(2), 76. <https://doi.org/10.26555/jifo.v14i2.a14434>
- Juhasz, Z. (2021). Quantitative cost comparison of on-premise and cloud infrastructure based EEG data processing. *Cluster Computing*, 24(2), 625–641. <https://doi.org/10.1007/s10586-020-03141-y>
- Kaewkamol, P. (2022). Data Governance Framework as Initiative for Higher Educational Organisation. *2022 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON)*, 175–178. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCN53731.2022.9720396>
- Kahn, M. G., Mui, J. Y., Ames, M. J., Yamsani, A. K., Pozdeyev, N., Rafaels, N., & Brooks, I. M. (2022). Migrating a research data warehouse to a public cloud: Challenges and opportunities. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 29(4), 592–600. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocab278>
- Khan, N., Jianbiao, Z., Lim, H., Ali, J., Ullah, I., Salman Pathan, M., & Chaudhry, S. A. (2023). An ECC-based mutual data access control protocol for next-generation public cloud. *Journal of Cloud Computing*, 12(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s13677-023-00464-0>
- Kommeri, J., Niemi, T., & Nurminen, J. K. (2017). Energy efficiency of dynamic management of virtual cluster with heterogeneous hardware. *The Journal of Supercomputing*, 73(5), 1978–2000. <https://doi.org/10.1007/s11227-016-1899-0>
- Kulkarni, S., Piper, S., Liptak, S., & Divan, D. (2019). Implementing Pay-as-You-Go Functionality in Microgrids using Mobile Ad-Hoc Networks. *2019 IEEE Decentralized Energy Access Solutions Workshop (DEAS)*, 207–212. <https://doi.org/10.1109/DEAS.2019.8758756>
- Kuroda, T., & Gokhale, A. (2014). Model-based automation for hardware provisioning in IT infrastructure. *2014 IEEE International Systems Conference Proceedings*, 293–300. <https://doi.org/10.1109/SysCon.2014.6819272>
- Liu, X., Wu, J., Sha, G., & Liu, S. (2020). Virtual Machine Consolidation with Minimization of Migration Thrashing for Cloud Data Centers. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2020/7848232>

- Liu, Y., Wei, X., Xiao, J., Liu, Z., Xu, Y., & Tian, Y. (2020). Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers. *Global Energy Interconnection*, 3(3), 272–282. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2020.07.008>
- Makhlouf, R. (2020). Cloudy transaction costs: a dive into cloud computing economics. *Journal of Cloud Computing*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-019-0149-4>
- Mangalagowri, R., & Venkataraman, R. (2023). Randomized MILP framework for Securing Virtual Machines from Malware Attacks. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 35(2), 1565–1580. <https://doi.org/10.32604/iasc.2023.026360>
- Mulya, W. (2022). Capital Expenditure Dan Operational Expenditure Dalam Perancangan Instalasi Pengolahan Air Di Kota Balikpapan. *INFO-TEKNIK*, 23(1), 15. <https://doi.org/10.20527/infotek.v23i1.13851>
- Nikita Khursange, Ass. P., Sakarde, N., Dhurve, D., & Madavi, D. (2023). Education Sphere. *Interantional Journal Of Scientific Research In Engineering And Management*, 07(11), 1–11. <https://doi.org/10.55041/IJSREM27269>
- Nikulchev, E., Lukyanchikov, O., Pluzhnik, E., & Biryukov, D. (2016). Features Management and Middleware of Hybrid Cloud Infrastructures. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 7(1). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2016.070104>
- Okai, S., Uddin, M., Arshad, A., Alsaqour, R., & Shah, A. (2014). Cloud Computing Adoption Model for Universities to Increase ICT Proficiency. *SAGE Open*, 4(3), 215824401454646. <https://doi.org/10.1177/2158244014546461>
- Ometsinska, I. (2023). Features of operational activity expenses formation by elements. *Herald of Economics*, 4, 159–174. <https://doi.org/10.35774/visnyk2022.04.159>
- Palumbo, G., Licasale, G., & Rojas Orbes, A. (2017). Methodology to support the CapEx allocation in a global scenario with multiple companies, ENEL case study. *CIREN - Open Access Proceedings Journal*, 2017(1), 2424–2426. <https://doi.org/10.1049/oap-cired.2017.0857>
- Perumal, K., Mohan, S., Frnda, J., & Divakarachari, P. B. (2022). Dynamic resource provisioning and secured file sharing using virtualization in cloud azure. *Journal of Cloud Computing*, 11(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00326-1>
- Prifti, K., Galeazzi, A., Barbieri, M., & Manenti, F. (2022). A Capex Opex Simultaneous Robust Optimizer: Process Simulation-based Generalized Framework for Reliable Economic Estimations (pp. 1321–1326). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95879-0.50221-6>
- Purwanti, E., & Zaman, B. (2016). Identifikasi Kebutuhan Operasional CRM untuk Monitoring Tugas Akhir. *MULTINETICS*, 2(2), 75. <https://doi.org/10.32722/vol2.no2.2016.pp75-79>
- Rahardja, U. (2022). Penerapan Teknologi Blockchain Dalam Pendidikan Kooperatif Berbasis E-Portfolio. *Technomedia Journal*, 7(3), 354–363. <https://doi.org/10.33050/tmj.v7i3.1957>
- Ramchand, K., Baruwat Chhetri, M., & Kowalczyk, R. (2021). Enterprise adoption of cloud computing with application portfolio profiling and application portfolio assessment. *Journal of Cloud Computing*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-020-00210-w>
- Raza, M., KS, S., K, S., & Mohamad, A. (2024). Carbon footprint reduction in cloud computing: Best practices and emerging trends. *International Journal of Cloud Computing and Database Management*, 5(1), 25–33. <https://doi.org/10.33545/27075907.2024.v5.i1a.58>

- Rizos, S., Sfakianaki, E., & Kakouris, A. (2022). Quality of Administrative Services in Higher Education. *European Journal of Educational Management*, volume-5-2022(volume-5-issue-2-december-2022), 115–128. <https://doi.org/10.12973/eujem.5.2.115>
- Sarac, M. A. S. S. D. (2020). Experimental Analysis of Energy Efficiency of Server Infrastructure in University Datacenters. *Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette*, 27(5). <https://doi.org/10.17559/TV-20160517155453>
- Sarowa, S., Sapru, Y., Kumar, V., Bhanot, B., & Kumar, M. (2023). Vulnerability Assessment in Growing Education Ecosystem. *2023 Third International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC)*, 362–366. <https://doi.org/10.1109/ICSCCC58608.2023.10176735>
- Shahid, M. A., Alam, M. M., & Su'ud, M. M. (2023). Performance Evaluation of Load-Balancing Algorithms with Different Service Broker Policies for Cloud Computing. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/app13031586>
- Shishodia, B. S., & Nene, M. J. (2022). Data Leakage Prevention System for Internal Security. *2022 International Conference on Futuristic Technologies (INCOFT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/INCOFT55651.2022.10094509>
- Shvets, P., Voevodin, V., & Zhumatiy, S. (2019). *HPC Software for Massive Analysis of the Parallel Efficiency of Applications* (pp. 3–18). https://doi.org/10.1007/978-3-030-28163-2_1
- Wei, J., & Zhang, X. (2022). How Much Storage Do We Need for High Performance Server. *2022 IEEE 38th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, 3221–3225. <https://doi.org/10.1109/ICDE53745.2022.00303>
- Wiyanto, Saptono, S., & Hidayah, I. (2020). Scientific creativity: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(2), 022044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/2/022044>
- Wu, H., & Zhao, B. (2016). Overview of current techniques in remote data auditing. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 1(1), 145–158. <https://doi.org/10.21042/AMNS.2016.1.00011>
- Yang, L., Nie, Y., & Zhang, Y. (2015). *Research on Construction of Industrial Park Management Platform Based on Cloud Computing*. <https://doi.org/10.2991/icmmita-15.2015.135>
- Zhang, J. (2022). Design of Campus Network Security System Based on Network Information Security. *2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC)*, 1194–1197. <https://doi.org/10.1109/IPEC54454.2022.9777499>
- Zhu, Z., Zhang, G., Li, M., & Liu, X. (2016). Evolutionary Multi-Objective Workflow Scheduling in Cloud. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 27(5), 1344–1357. <https://doi.org/10.1109/TPDS.2015.2446459>