

Analisis Implementasi Teknologi Cloud Computing pada Universitas Ditinjau dari Total Cost of Ownership

Muhammad Jaelani¹, Puspanda Hatta², Febri Liantoni³

^{1,2,3} Department of Informatics Education, Sebelas Maret University

Article Info

ABSTRAK

Corresponding Author:

Muhammad Jaelani,
Departement of Informatics Education,
Sebelas Maret University,
Jl Ahmad Yani, no 200, Pabelan,
Kartasura, Surakarta, Jawa Tengah,
57169, Indonesia.
Email:
muhammadjaelani66@student.uns.ac.id

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perhitungan pembiayaan infrastruktur cloud computing ditinjau dari segi Total Cost of Ownership. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan desain penelitian Cross Sectional, yaitu desain penelitian yang menekankan pada waktu pengukuran atau observasi data yang dilakukan pada variabel terikat maupun variabel bebas dalam satu kali pada satu waktu. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara dan observasi. Objek pada penelitian ini, yaitu keseluruhan device yang digunakan pada infrastruktur cloud computing dan non-cloud yang terdapat di ICT FKIP UNS dan UPT TIK UNS. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan ICT FKIP UNS dan UPTI TIK UNS mengeluarkan biaya lebih sedikit pada infrastruktur cloud computing dan biaya lebih besar pada infrastruktur non-cloud. Dan pengeluaran untuk infrastruktur cloud computing lebih murah dari pengeluaran untuk infrastruktur non-cloud, baik pada perhitungan dengan amortisasi maupun tanpa amortisasi. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa perhitungan TCO pada infrastruktur cloud computing dan non-cloud menunjukkan biaya yang dikeluarkan untuk infrastruktur cloud computing lebih murah daripada infrastruktur non-cloud, baik pada ICT FKIP UNS maupun UPT TIK UNS. Serta penggunaan amortisasi pada perhitungan model TCO tidak memberikan pengaruh terhadap hasil akhir perbandingan perhitungan karena baik dengan amortisasi maupun tanpa amortisasi, biaya untuk infrastruktur cloud computing tetap lebih murah daripada infrastruktur non-cloud.

Kata kunci: *amortisasi; cloud computing; TCO*

DOI: <https://doi.org/10.20961/joive.v4i3.55132>

1. PENDAHULUAN

Penerapan cloud computing di perguruan tinggi memungkinkan aktivitas menjadi lebih efektif dan efisien [1]. Meningkatkan produktifitas karena efisiensi dalam hal penggunaan perangkat keras dan pengelolaan, infrastruktur yang ramah lingkungan, organisasi dapat berkonsentrasi menjalankan proses bisnis dengan efisiensi dalam tersebut, dan diperkirakan akan menghasilkan infrastruktur yang lebih hemat dari segi pembiayaan. Manfaat lain dari cloud computing bagi mahasiswa agar materi pembelajaran dapat tersimpan secara komputerisasi sesuai dengan materi yang diberikan oleh pengajar, sehingga sistem pembelajaran dapat berjalan secara efektif dan efisien [2]. Cloud computing juga dimanfaatkan pada dunia pendidikan dalam hal mendokumentasikan kegiatan pembelajaran dengan didukung kapasitas penyimpanan yang lebih besar, kegiatan riset dengan didukung sumber daya komputasi yang kuat, mengurangi biaya investasi untuk infrastruktur, dan pengurangan pegawai dalam bidang IT [3].

Penerapan cloud computing ini dapat mengurangi biaya administrasi. Namun, menurut Chandra & Borah [4] dalam jurnalnya mengemukakan bahwa cloud computing adalah langkah-langkah dalam computing untuk menyatukan sumber daya yang terdiri dari banyak komputer agar menjadi entitas tunggal, di mana memungkinkan pengembangan sistem scalable besar-besaran yang dapat menerima dan menyimpan data serta mengolah dan menganalisis semua data dari suatu organisasi, sehingga dapat diartikan bahwa penggunaan cloud computing memerlukan biaya yang cukup besar. Selain itu, penggunaan cloud computing memerlukan biaya yang cukup besar dikarenakan lisensi-lisensi software cloud computing yang terbilang mahal dan diperlukan server yang cocok untuk penerapan cloud computing di bidang pendidikan itu sendiri [5]. Oleh karena itu, perlu adanya pembuktian mengenai besar atau sedikitnya biaya yang dikeluarkan dalam penggunaan cloud computing dibandingkan dengan non-cloud. Salah satu caranya adalah dengan menghitung investasi

penerapan cloud computing ini dengan rumus Total Cost of Ownership (TCO). Salah satu caranya dengan menghitung investasi penerapan cloud computing ini dengan rumus Total Cost of Ownership (TCO) [6].

Universitas Sebelas Maret merupakan salah satu instansi pendidikan yang sudah menerapkan aplikasi web yang diinstall dalam layanan private cloud IAAS meliputi Siakad, Open Course Ware (OCW), Spada, dan lain lain. Penelitian ini untuk mengukur Total Cost of Ownership (TCO) dari implementasi cloud computing di Universitas Sebelas Maret. Pengukuran TCO dianalisis dengan mencakup aspek-aspek dari semua total biaya baik biaya beli, operasi, hingga gambaran keuntungan yang akan didapatkan atau biasa disebut dengan biaya jangka panjang. Analisis TCO bertujuan untuk mengetahui mana yang lebih hemat dari aspek-aspek TCO tersebut yang akan dibandingkan antara TCO cloud dengan non-cloud.

Perkembangan komputasi awan (cloud computing) telah menjadi contoh menarik dalam mengelola dan memberikan layanan di Internet [7]. Dalam lima tahun terakhir, kemunculan komputasi awan dan penggunaan teknologi komputasi awan untuk kebutuhan bisnis organisasi (baik perusahaan, pemerintah atau lembaga pendidikan) telah berkembang sangat pesat [8]. Cloud computing bukan hanya konsep teknis yang menjanjikan untuk menghadirkan semua jenis hal menarik. Komputasi awan memberikan peluang, dan salah satu peluang yang diberikan adalah berpotensi membantu negara berkembang memperoleh manfaat dari teknologi informasi tanpa perlu investasi awal yang besar [9]. Saat ini, komputasi awan telah menjadi kenyataan, dan banyak implementasi komersial sedang diterapkan. Sama seperti Amazon menggunakan Amazon's Elastic Computing Cloud (EC2) dan Google menggunakan Google Apps [10].

Penggunaan cloud computing yang benar dan efektif untuk perusahaan tidak hanya dapat meningkatkan keuntungan dengan memungkinkan karyawan bekerja secara remote, tetapi juga meningkatkan produktivitas perusahaan [11]. Layanan yang diberikan dalam komputasi awan memberikan peluang bagi organisasi untuk terus menggunakan teknologi informasi terkini dengan biaya rendah. Untuk pengembangan usaha kecil dan menengah, start-up dan pendidikan, komputasi awan adalah pilihan yang menarik [10]. Baik perusahaan maupun konsumen akan mendapatkan keuntungan dari interoperabilitas tingkat tinggi antara cloud dan jaringan cloud, yang akan meningkatkan berbagi sumber daya dan informasi. Teknologi cloud saat ini memiliki banyak kegunaan, dan pasti akan mengubah cara memproses data, melayani dan menyimpan atau mengakses konten digital, tetapi untuk memaksimalkan potensinya diperlukan pemahaman, apresiasi, dan investasi terbuka dalam teknologi cloud computing [12].

Jika semua data, file, program, dan aplikasi yang dimiliki oleh suatu organisasi ada di cloud, tidak diperlukan komputer dan hard drive, dan desentralisasi skala besar dapat dilakukan untuk menjalankan tugasnya, karena karyawan dapat menggunakan netbook, tablet digital, atau peralatan pintar lainnya, di mana pun mereka berada, mereka dapat disimpan, digunakan kembali, dan dikolaborasikan; baik di kantor, di rumah, atau di perjalanan [13]. Komputasi awan menggunakan teknologi virtualisasi untuk mencapai tujuan menyediakan sumber daya komputasi sebagai utilitas. Ini memiliki aspek yang sama dengan komputasi grid dan otonom, tetapi berbeda dalam beberapa aspek [14]. Dengan berkembangnya kinerja cloud computing akan membawa peluang bagi perkembangan dunia pendidikan [15].

2. METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan desain penelitian *Cross Sectional*, yaitu desain penelitian yang menekankan pada waktu pengukuran atau observasi data yang dilakukan pada variabel terikat maupun variabel bebas dalam satu kali pada satu waktu. Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan antara variabel satu dengan variabel yang lainnya.

Faktor kuantitatif adalah faktor yang dapat dengan mudah dikaitkan dengan biaya moneter. Apakah pengeluaran ini dalam pengeluaran baru atau biaya habis pakai, dalam anggaran TI atau beberapa departemen lain, seseorang dalam organisasi secara langsung atau tidak langsung mendanai biaya ini. Solusi lokal dan berbasis *cloud* biasanya memiliki siklus biaya yang berbeda, dan terdapat perbedaan yang signifikan dalam biaya modal dan biaya pengoperasian [16]. Solusi lokal mungkin memiliki lebih banyak biaya di muka (modal) dan biaya berkelanjutan yang lebih rendah, sementara solusi berbasis *cloud* mungkin memiliki tingkat pengeluaran tahunan yang lebih konsisten [17]. Untuk secara efektif membandingkan biaya yang dapat dihitung dari setiap produk, penting untuk membandingkan biaya jangka panjang (biasanya tiga sampai lima tahun).

Model perhitungan Menurut Li et al [18] ada 8 model rumus pembiayaan untuk menghitung *cloud* TCO ditampilkan dalam Tabel 1 Rumus Model TCO:

Tabel 1 Rumus Model TCO

No	Model TCO	Rumus	Keterangan
1	Server Cost	$COST_{servers} = (VI_{ps} - D_p) * N_s$	VI_{ps} : Biaya per <i>server</i> fisik dalam konfigurasi yang sama (Rp) D_p : Nilai depresiasi (Rp) N_s : Jumlah <i>server</i> fisik pada kelompok sumber daya (unit)
2	Software Cost	$COST_{software} = [S_s * VI_s * N_{serverlic} + S_o * VI_o * N_{oslic} + S_m * VI_m * N_{motorlic}] * A_{rp(time)}$	VI_s : Harga unit <i>software</i> tipe II (Rp) VI_o : Harga unit <i>software</i> tipe I (Rp) VI_m : Harga unit <i>software</i> tipe III (Rp) S_s, S_o, S_m : Faktor sumbangan – persentasi harga unit yang menghasilkan biaya tahunan $N_{serverlic}$: Jumlah dari lisensi <i>software</i> tipe II (buah) N_{oslic} : Jumlah dari lisensi <i>software</i> tipe I (buah) $N_{motorlic}$: Jumlah dari lisensi <i>software</i> tipe III (buah)
3	Support and Maintenance Cost	$Cost_{support \& \text{maintenance}} = N_{Labor} * (T) * R_{Salary}$	N_{Labor} : Jumlah administrator yang bertanggung jawab untuk <i>support and maintenance</i> T : Lama waktu bekerja (bulan) R_{Salary} : Gaji pegawai yang disesuaikan dengan peraturan pembayaran gaji di Indonesia, misalnya UMK (Rp)
4	Power Cost	$Cost_{power} = (S_m - D_p) * N_r$	S_m : Harga peringkat daya atau UPS dari <i>server</i> yang bekerja (Rp) D_p : Nilai depresiasi barang (Rp) N_r : Jumlah UPS (Unit)
5	Networking Cost	$COST_{networking} = (P_s - D_p) * N_{switch}$	D_p : Nilai depresiasi (Rp) P_s : Harga per <i>switch</i> (Rp) N_{switch} : Jumlah <i>switch</i> (Unit)
6	Cooling Cost	$Cost_{cooling} = (L - D_p) * H$	L : Harga AC (Rp) D_p : Nilai depresiasi (Rp) H : Jumlah AC (unit)
7	Facilities Cost	$Cost_{facilities} = (VP_{fp} - D_p) * N_{rack}$	N_{rack} : Jumlah rak (Unit) VP_{fp} : Harga rak (Rp) D_p : Nilai depresiasi (Rp)
8	Real-Estate Cost	$Cost_{space} = A_n * Space * A_{rp}$ $Space = \frac{(R_{SF} * N_{rack}) / R_{SPACE}}{(N_s * W_{server} + N_{rack} * W_{rack})} \leq C_{pressure}$	A_n : Biaya per meter persegi untuk membangun <i>cloud</i> R_{SF} : Meter persegi per rak N_{rack} : Jumlah rak (unit) R_{SPACE} : Persentasi dari seluruh ruang yang digunakan untuk rak W_{rack} : Berat rak $C_{pressure}$: Tekanan konstan yang di hadapi oleh rantai unit R_a : Persentase biaya tahunan W_{server} : Berat <i>server</i> fisik

Model perhitungan menurut [18] ada 8 model pembiayaan untuk menghitung *cloud* TCO yaitu sebagai berikut :

- 1) *Server Cost*
Perhitungan TCO mempertimbangkan seluruh *server* dengan tipe yang sama misalnya CPU, memori, disk, dan konfigurasi *server* lain.
- 2) *Software Cost*
Software cost disebabkan oleh lisensi berbayar. Lisensi pada perangkat lunak dibagi menjadi tiga, yaitu tipe I, tipe II, tipe III.
- 3) *Support and Maintenance Cost*
Pada *support & maintenance cost* meliputi: distribusi dan peningkatan perangkat lunak, manajemen aset, pemecahan masalah, manajemen lalu lintas, konfigurasi *server*, perlindungan virus, manajemen disk, dan pemeliharaan kinerja. Rumus keseluruhan untuk menghitung bagian pembiayaan ini dihitung dengan upaya tenaga kerja.
- 4) *Power Cost*
Penggunaan daya di *cloud* terutama disebabkan oleh infrastruktur komputasi (beban TI) termasuk *server*, *switch* jaringan, dan *Network Critical Physical Infrastruktur (NCPI, non-IT load)*.
- 5) *Network Cost*
Biaya yang terkait dengan jaringan disebabkan oleh saklar, NIC dan kabel yang digunakan untuk memasang *server* fisik ke jaringan.
- 6) *Cooling Cost*
Sebagai perkiraan paling utama, daya yang dikonsumsi di data *center* sepenuhnya dikonversi menjadi panas.
- 7) *Facilities Cost*
Fasilitas bukan suatu peralatan tetapi diperlukan untuk menjalankan peralatan secara normal, seperti PDU, KVM, kabel, dan lain-lain.
- 8) *Real-Estate Cost*
Karena infrastruktur khusus diperlukan untuk *cooling cost* dan *power cost*, maka ruang yang dibutuhkan oleh *cloud* sering kali jauh lebih mahal untuk dibangun daripada properti komersial pada umumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Berdasarkan hasil wawancara yang telah didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan sesuai rumus yang disampaikan oleh Li et al [18] untuk mendapatkan hasil perhitungan dari model TCO. Perhitungan dilakukan terhadap model TCO ICT FKIP UNS dan model TCO UPT TIK UNS. Terdapat dua hasil perhitungan pada setiap model TCO, yaitu hasil perhitungan dengan amortisasi dan tanpa amortisasi. Hasil perhitungan model TCO ICT FKIP UNS disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2, sedangkan hasil perhitungan model TCO UPT TIK UNS disajikan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

a. Model TCO ICT FKIP UNS (Amortisasi)

Tabel 1 Hasil Perhitungan Model TCO ICT FKIP UNS (Amortisasi)

No	Model TCO	Hasil Perhitungan (dalam rupiah)	
		<i>Cloud Computing</i>	<i>Non-Cloud</i>
1	<i>Server Cost</i>	10.972.000	46.160.000
2	<i>Software Cost</i>	0	0
3	<i>Support & Maintenance Cost</i>	216.000.000	216.000.000
4	<i>Power Cost</i>	3.500.000	6.100.000
5	<i>Networking Cost</i>	7.560.000	25.281.000
6	<i>Cooling Cost</i>	13.031.250	13.031.250
7	<i>Facilities Cost</i>	2.900.000	2.900.000
	Total TCO	253.963.250	309.472.250

b. Model TCO ICT FKIP UNS (Tanpa Amortisasi)

Tabel 2 Hasil Perhitungan Model TCO ICT FKIP UNS (Tanpa Amortisasi)

No	Model TCO	Hasil Perhitungan (dalam rupiah)	
		Cloud Computing	Non-Cloud
1	Server Cost	48.372.000	223.750.000
2	Software Cost	0	0
3	Support & Maintenance Cost	216.000.000	216.000.000
4	Power Cost	11.500.000	44.000.000
5	Networking Cost	9.790.000	32.548.000
6	Cooling Cost	17.375.000	17.375.000
7	Facilities Cost	15.500.000	15.500.000
	Total TCO	318.537.000	549.173.000

c. Model TCO UPT TIK UNS (Amortisasi)

Tabel 3 Hasil Perhitungan Model TCO UPT TIK UNS (Amortisasi)

No	Model TCO	Hasil Perhitungan (dalam rupiah)	
		Cloud Computing	Non-Cloud
1	Server Cost	559.590.000	900.000.000
2	Software Cost	1.016.840.000	508.000.000
3	Support & Maintenance Cost	108.000.000	324.000.000
4	Power Cost	12.200.000	36.600.000
5	Networking Cost	34.117.500	136.470.000
6	Cooling Cost	24.676.900	24.676.900
7	Facilities Cost	8.500.000	34.000.000
	Total TCO	1.763.924.400	1.963.746.900

d. Model TCO UPT TIK UNS (Tanpa Amortisasi)

Tabel 4 Hasil Perhitungan Model TCO UPT TIK UNS (Tanpa Amortisasi)

No	Model TCO	Hasil Perhitungan (dalam rupiah)	
		Cloud Computing	Non-Cloud
1	Server Cost	798.840.000	1.200.000.000
2	Software Cost	1.016.840.000	508.000.000
3	Support & Maintenance Cost	108.000.000	324.000.000
4	Power Cost	13.950.000	41.850.000
5	Networking Cost	68.235.000	272.940.000
6	Cooling Cost	48.376.900	48.376.900
7	Facilities Cost	15.500.000	62.000.000
	Total TCO	2.069.741.900	2.457.166.900

3.2. PEMBAHASAN**a. Total Perhitungan Model TCO Cloud Computing**

Tabel 5 Total Perhitungan Model TCO Cloud Computing

LOKASI	JENIS PERHITUNGAN	TOTAL PERHITUNGAN (dalam rupiah)
ICT FKIP UNS	Amortisasi	253.963.250
	Tanpa Amortisasi	318.537.000
UPT TIK UNS	Amortisasi	1.763.924.400
	Tanpa Amortisasi	2.069.741.900

Berdasarkan data pada Tabel 5 diketahui bahwa perhitungan model TCO pada ICT FKIP UNS dengan amortisasi untuk *cloud computing* menghabiskan total biaya sebesar Rp 253.963.250, sedangkan perhitungan tanpa amortisasi menghabiskan total biaya sebesar Rp 318.537.000. Perhitungan model TCO pada UPT TIK

UNS dengan amortisasi untuk *cloud computing* menghabiskan total biaya sebesar Rp 1.763.924.400,00, sedangkan perhitungan tanpa amortisasi menghabiskan biaya senilai Rp 2.069.741.900,00.

b. Total Perhitungan Model TCO Non-Cloud

Tabel 6 Total Perhitungan Model TCO Non-Cloud

LOKASI	JENIS PERHITUNGAN	TOTAL PERHITUNGAN (dalam rupiah)
ICT FKIP UNS	Amortisasi	309.472.250
	Tanpa Amortisasi	549.173.000
UPT TIK UNS	Amortisasi	1.963.746.900
	Tanpa Amortisasi	2.457.166.900

Berdasarkan data pada Tabel 6 diketahui bahwa perhitungan model TCO pada ICT FKIP UNS dengan amortisasi untuk *non-cloud* menghabiskan total biaya sebesar Rp 309.472.250, sedangkan perhitungan tanpa amortisasi menghabiskan total biaya sebesar Rp 549.173.000. Perhitungan model TCO pada UPT TIK UNS dengan amortisasi untuk *non-cloud* menghabiskan total biaya sebesar Rp 1.963.746.900,00, sedangkan perhitungan tanpa amortisasi menghabiskan biaya senilai Rp 2.457.166.900,00.

c. Perhitungan Model TCO Tertinggi pada Cloud Computing

Tabel 7 Total Perhitungan Model TCO Tertinggi pada Cloud Computing

LOKASI	JENIS PERHITUNGAN	MODEL TCO (Max)	TOTAL PERHITUNGAN (dalam rupiah)
ICT FKIP UNS	Amortisasi	<i>Support & Maintenance Cost</i>	216.000.000
	Tanpa Amortisasi	<i>Support & Maintenance Cost</i>	216.000.000
UPT TIK UNS	Amortisasi	<i>Software Cost</i>	1.016.840.000
	Tanpa Amortisasi	<i>Software Cost</i>	1.016.840.000

Berdasarkan data pada Tabel 4.9 diketahui bahwa perhitungan model TCO tertinggi pada ICT FKIP UNS untuk *cloud computing* adalah *support & maintenance cost* dengan biaya sebesar Rp 216.000.000,00, sedangkan perhitungan model TCO tertinggi pada UPT TIK UNS untuk *cloud computing* adalah *software cost* dengan biaya sebesar Rp 1.016.840.000,00.

d. Perhitungan Model TCO Tertinggi pada Non-Cloud

Tabel 8 Total Perhitungan Model TCO Tertinggi pada Non-Cloud

LOKASI	JENIS PERHITUNGAN	MODEL TCO (Max)	TOTAL PERHITUNGAN (dalam rupiah)
ICT FKIP UNS	Amortisasi	<i>Support & Maintenance Cost</i>	216.000.000
	Tanpa Amortisasi	<i>Support & Maintenance Cost</i>	216.000.000
UPT TIK UNS	Amortisasi	<i>Server Cost</i>	900.000.000
	Tanpa Amortisasi	<i>Server Cost</i>	1.200.000.000

Berdasarkan data pada Tabel 8 diketahui bahwa perhitungan model TCO tertinggi pada ICT FKIP UNS untuk *non-cloud* adalah *support & maintenance cost* dengan biaya sebesar Rp 216.000.000,00, sedangkan perhitungan model TCO tertinggi pada UPT TIK UNS untuk *non-cloud* adalah *server cost* dengan biaya sebesar Rp 900.000.000,00 (dengan amortisasi) dan Rp 120.000.000,00 (tanpa amortisasi).

e. Perhitungan Model TCO Terendah pada *Cloud Computing*

Tabel 9 Total Perhitungan Model TCO Terendah pada *Cloud Computing*

LOKASI	JENIS PERHITUNGAN	MODEL TCO (Min)	TOTAL PERHITUNGAN (dalam rupiah)
ICT FKIP UNS	Amortisasi	<i>Software Cost</i>	0
	Tanpa Amortisasi	<i>Software Cost</i>	0
UPT TIK UNS	Amortisasi	<i>Facilities Cost</i>	8.500.000
	Tanpa Amortisasi	<i>Power Cost</i>	13.950.000

Berdasarkan data pada Tabel 9 diketahui bahwa perhitungan model TCO terendah pada ICT FKIP UNS untuk *cloud computing* adalah *software cost* dengan biaya Rp 0,00, sedangkan perhitungan model TCO terendah pada UPT TIK UNS untuk *cloud computing* adalah *facilities cost* dengan biaya sebesar Rp 8.500.000,00 dan *power cost* dengan biaya sebesar Rp 13.950.000,00.

f. Perhitungan Model TCO Terendah pada *Non-Cloud*

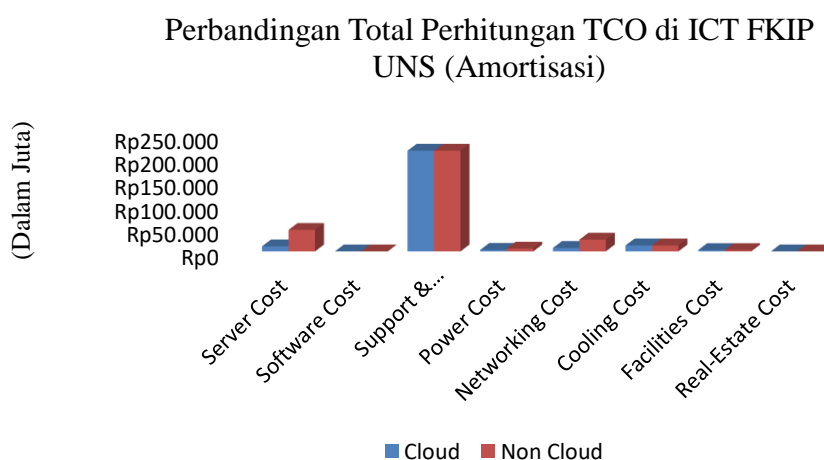
Tabel 10 Total Perhitungan Model TCO Terendah pada *Non-Cloud*

LOKASI	JENIS PERHITUNGAN	MODEL TCO (Min)	TOTAL PERHITUNGAN (dalam rupiah)
ICT FKIP UNS	Amortisasi	<i>Software Cost</i>	0
	Tanpa Amortisasi	<i>Software Cost</i>	0
UPT TIK UNS	Amortisasi	<i>Cooling Cost</i>	24.676.900
	Tanpa Amortisasi	<i>Power Cost</i>	41.850.000

Berdasarkan data pada Tabel 10 diketahui bahwa perhitungan model TCO terendah pada ICT FKIP UNS untuk *non-cloud* adalah *software cost* dengan biaya Rp 0,00, sedangkan perhitungan model TCO terendah pada UPT TIK UNS untuk *non-cloud* adalah *cooling cost* dengan biaya sebesar Rp 24.676.900,00 dan *power cost* dengan biaya sebesar Rp 41.850.000,00.

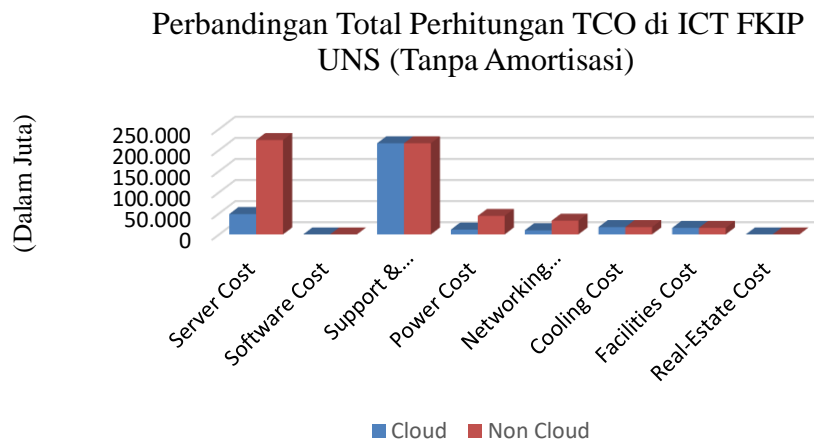
g. perbandingan Total Perhitungan Antarmodel TCO dan Pengaruh Amortisasi

Berikut adalah grafik perbandingan total perhitungan antarmodel TCO di ICT FKIP UNS (Gambar 1 dan Gambar 2) dan UPT TIK UNS (Gambar 3 dan Gambar 4), baik perhitungan dengan amortisasi maupun tanpa amortisasi.



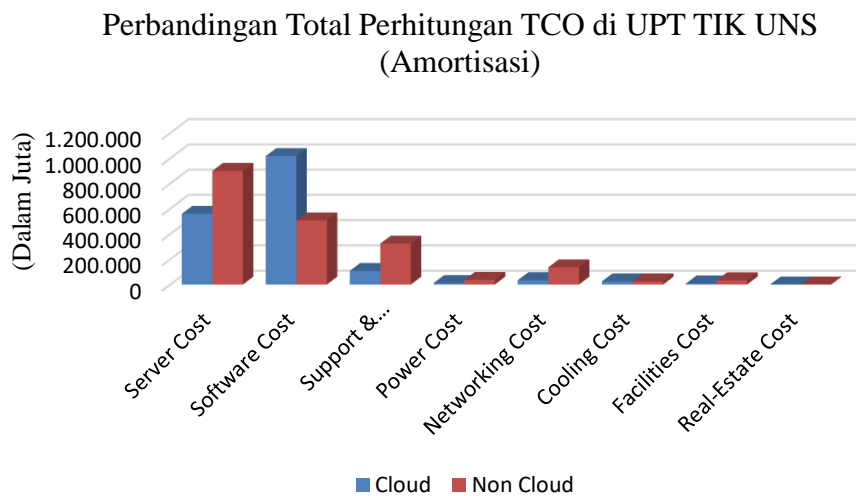
Gambar 1. Diagram Perbandingan Total Perhitungan TCO di ICT FKIP UNS (Amortisasi)

Berdasarkan Gambar 1, ditunjukkan bahwa *cost* terbesar yang dikeluarkan oleh ICT FKIP UNS untuk perhitungan dengan amortisasi adalah *support & maintenance cost* pada infrastruktur *cloud* dan *non-cloud* sedangkan *cost* terkecilnya adalah *software cost*.



Gambar 2. Diagram Perbandingan Total Perhitungan TCO di ICT FKIP UNS (Tanpa Amortisasi)

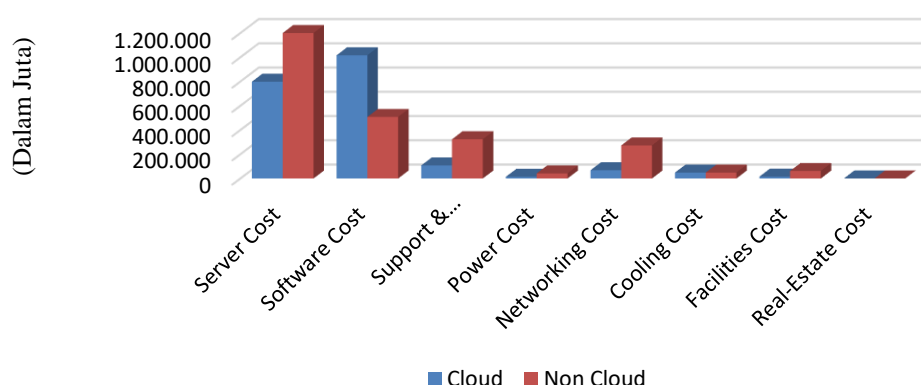
Berdasarkan Gambar 2, ditunjukkan bahwa *cost* terbesar yang dikeluarkan oleh ICT FKIP UNS untuk perhitungan dengan amortisasi adalah *server cost* pada infrastruktur *non-cloud* sedangkan *cost* terkecilnya adalah *software cost*.



Gambar 3. Diagram Perbandingan Total Perhitungan TCO di UPT TIK UNS (Amortisasi)

Berdasarkan Gambar 3, ditunjukkan bahwa *cost* terbesar yang dikeluarkan oleh UPT TIK UNS untuk perhitungan dengan amortisasi adalah *software cost* pada infrastruktur *cloud* sedangkan *cost* terkecilnya adalah *facilities cost* pada infrastruktur *cloud*. Pada Gambar 4 dibawah ini, ditunjukkan bahwa *cost* terbesar yang dikeluarkan oleh UPT TIK UNS untuk perhitungan tanpa amortisasi adalah *software cost* pada infrastruktur *cloud* sedangkan *cost* terkecilnya adalah *facilities cost* pada infrastruktur *cloud*.

Perbandingan Total Perhitungan TCO di UPT TIK UNS (Tanpa Amortisasi)



Gambar 4. Diagram Perbandingan Total Perhitungan TCO di UPT TIK UNS (Tanpa Amortisasi)

3.2. PEMBAHASAN

a. Perbandingan Total Perhitungan Antarmodel TCO

Apabila grafik pada Gambar 1 dan Gambar 2 dibandingkan, terlihat bahwa ICT FKIP UNS mengeluarkan biaya lebih sedikit pada infrastruktur *cloud computing* dan biaya lebih besar pada infrastruktur *non-cloud*. Perbandingan grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4 juga menunjukkan bahwa UPT TIK UNS mengeluarkan biaya lebih sedikit pada infrastruktur *cloud computing* dan biaya lebih besar pada infrastruktur *non-cloud*, meskipun pada perhitungan *software cost* infrastruktur *cloud computing* dengan amortisasi memiliki biaya paling tinggi.

b. Pengaruh Amortisasi pada Total Perhitungan Antarmodel TCO

Perbandingan menunjukkan bahwa pengeluaran untuk infrastruktur *cloud computing* lebih murah jika dibandingkan dengan pengeluaran untuk infrastruktur *non-cloud*, baik pada perhitungan dengan amortisasi maupun tanpa amortisasi sehingga dapat dikatakan bahwa amortisasi tidak berpengaruh terhadap besar pengeluaran di ICT FKIP UNS dan UPT TIK.

4. KESIMPULAN dan SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa perhitungan Total Cost of Ownership (TCO) pada infrastruktur *cloud computing* dan *non-cloud* dari 8 aspek model TCO, meliputi: *server cost*, *software cost*, *support and maintenance cost*, *power cost*, *networking cost*, *cooling cost*, *facilities cost*, dan *real-estate cost* menunjukkan biaya yang dikeluarkan untuk infrastruktur *cloud computing* lebih murah daripada infrastruktur *non-cloud*, baik pada ICT FKIP UNS maupun UPT TIK UNS.

Penelitian menggunakan 2 metode perhitungan model TCO, yaitu perhitungan dengan mempertimbangkan nilai penyusutan barang atau amortisasi dan perhitungan tanpa amortisasi. Penggunaan amortisasi pada perhitungan model TCO tidak memberikan pengaruh terhadap hasil akhir perbandingan perhitungan karena baik dengan amortisasi maupun tanpa amortisasi, biaya untuk infrastruktur *cloud computing* tetap lebih murah daripada infrastruktur *non-cloud*.

SARAN

Saran untuk institusi adalah melakukan perhitungan TCO untuk mengidentifikasi seluruh unsur biaya yang mampu memudahkan dalam penyusunan anggaran dan perencanaan pemeliharaan aset serta aspek lain yang diperlukan sebagai pendukung.

REFERENSI

- [1] W. Chao and W. Junzheng, "Cloud-service decision tree classification for education platform," *Cogn. Syst. Res.*, vol. 52, pp. 234–239, 2018.
- [2] I. Mutia, "Penerapan Teknologi Komputasi Awan (Cloud Computing) Untuk Pembelajaran Mahasiswa di Perguruan Tinggi," *Mutiara*, vol. 9, no. 3, pp. 283–292, 2016.
- [3] J. Jiang, J. Li, and X. Tan, "Research on the construction of university education information platform

- supported by cloud computing,” *Int. J. Electr. Eng. Educ.*, 2021.
- [4] D. G. Chandra and M. D. Borah, “Cost benefit analysis of cloud computing in education,” *2012 Int. Conf. Comput. Commun. Appl. ICCCA 2012*, 2012.
- [5] J. Singh and V. Mansotra, “Factors affecting cloud computing adoption in the Indian school education system,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 24, no. 4, pp. 2453–2475, 2019.
- [6] V. Arkorful, “Cloud computing adoption in higher education: A comparative study between public and private universities in sub Saharan Africa,” *Libr. Philos. Pract.*, vol. 2019, 2019.
- [7] E. Yadegaridehkordi, L. Shuib, M. Nilashi, and S. Asadi, “Decision to adopt online collaborative learning tools in higher education: A case of top Malaysian universities,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 79–102, 2019.
- [8] Y.-S. Chang, S.-Y. Chen, K.-C. Yu, Y.-H. Chu, and Y.-H. Chien, “Effects of cloud-based m-learning on student creative performance in engineering design,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 48, no. 1, pp. 101–112, 2017.
- [9] V. Arkorful, “Cloud computing adoption in higher education: A comparative study between public and private universities in sub Saharan Africa,” *Libr. Philos. Pract.*, vol. 2019, 2019.
- [10] N. Sultan, “Cloud computing for education: A new dawn?,” *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 30, no. 2, pp. 109–116, 2010.
- [11] A. S. Ribeiro and D. Bianchini, “The deployment of Systems in Cloud Computing environment: A Methodology to Select and Prioritize projects,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 15, no. 3, pp. 557–562, 2017.
- [12] L. Johnson, C. Callaghan, M. Balasubramanian, H. Haq, and H. Spallek, “Cost Comparison of an On-Premise IT Solution with a Cloud-Based Solution for Electronic Health Records in a Dental School Clinic,” *J. Dent. Educ.*, vol. 83, no. 8, pp. 895–903, 2019.
- [13] N. G. Bondarenko, E. S. Getmanova, E. A. Kurenkova, E. M. Karaseva, O. V. Domnina, and N. A. Grigorieva, “Cloud computing for integrated information-analytical system of educational resources,” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 12, pp. 3578–3584, 2019.
- [14] N. Mansouri, “Adaptive data replication strategy in cloud computing for performance improvement,” *Front. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 5, pp. 925–935, 2016.
- [15] M. S. Uddin and J. C. Bansal, *Proceedings of International Joint Conference on Computational Intelligence*, vol. 669. Springer Singapore, 2020.
- [16] E. ECAR-TCO Working Group, “TCO for Cloud Services: A Framework,” *ECAR-TCO Work. Gr.*, 2015.
- [17] M. Walterbusch, B. Martens, and F. Teuteberg, “Evaluating cloud computing services from a total cost of ownership perspective,” *Manag. Res. Rev.*, vol. 36, no. 6, pp. 613–638, 2013.
- [18] X. Li, Y. Li, T. Liu, J. Qiu, and F. Wang, “The method and tool of cost analysis for cloud computing,” *CLOUD 2009 - 2009 IEEE Int. Conf. Cloud Comput.*, pp. 93–100, 2009.