

OPTIMALISASI STORAGE SERVER UNTUK PENGELOLAAN DATA BESAR DALAM INDUSTRI FILM ANIMASI LAYAR LEBAR

Ahmad Sa'di, Ria Andriani, Lukman

Program Studi Informatika S1, Teknik Komputer D3, Teknik Komputer D3, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas AMIKOM Yogyakarta, Jl. Padjajaran, Ring Road Utara, Yogyakarta, Indonesia
ahmadsa@amikom.ac.id

ABSTRAK

Produksi film animasi layar lebar menghasilkan volume data yang sangat besar dan bervariasi, mulai dari terabyte hingga petabyte, yang mencakup berbagai format data seperti file render, model 3D, dan efek visual. Penyimpanan data yang besar ini tidak hanya memerlukan kapasitas yang sangat besar, tetapi juga mengharuskan akses yang cepat dan pengelolaan yang fleksibel untuk mendukung alur kerja yang intensif dalam produksi, terutama pada saat proses render. Penyimpanan tradisional seperti NAS memberikan kecepatan akses tinggi namun memiliki keterbatasan dalam kapasitas, skalabilitas, dan biaya pemeliharaan yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih efisien, yaitu penyimpanan berbasis hierarki yang dapat mengoptimalkan pengelolaan data sesuai dengan frekuensi akses dan jenis data. Penelitian ini melibatkan pengujian pada dua jenis penyimpanan, yaitu penyimpanan lokal (*Network Attached Storage/NAS*) dan penyimpanan cloud Tier 1, Tier 2, dan Tier 3. Analisis dilakukan berdasarkan kecepatan transfer data, kepuasan pengguna dan keputusan berjenjang/hierarki. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan storage on-premise (NAS) yang diyakini memiliki kecepatan stabil dalam proses transfer file dan render, dan mengesampingkan storage cloud namun faktanya kecepatan storage cloud lebih baik dalam mengoptimalkan penyimpanan data produksi. Dibuktikan dengan pengujian di dua lingkungan storage (on-premise dan cloud storage) kedua sama-sama diberikan bandwidth 100 Mbps. Saat transfer data, cloud tier 1 mampu dikecepatan Up / Down rata-rata di 106 / 11 Mbps, sedangkan on-premise Up / Down rata-rata di 46 / 3 Mbps. Namun keduanya masih dapat digunakan untuk proses render walaupun selisihnya setengah sepertiga waktu. NAS memiliki keunggulan dalam latensi rendah dan efisiensi akses data, tetapi throughput-nya kurang stabil. Tier 1 cloud storage memberikan performa tinggi untuk data aktif, sedangkan Tier 3 sangat ekonomis untuk data arsip dengan biaya rendah tetapi latensi lebih tinggi. Pendekatan hierarki memungkinkan setiap kategori data dialokasikan pada jenis penyimpanan yang paling sesuai.

Kata kunci : *Storage, Metode Hierarki, Produksi Film Animasi, NAS, Cloud Storage*

1. PENDAHULUAN

Produksi film animasi layar lebar merupakan salah satu industri yang paling intensif dalam penggunaan data, karena proses produksinya melibatkan banyak elemen kompleks seperti model 3D, simulasi fisik, render grafis, efek visual, dan data audio. Setiap proyek animasi dapat menghasilkan data dalam jumlah yang sangat besar, mulai dari terabyte hingga petabyte, yang memerlukan pengelolaan dan penyimpanan yang efisien untuk memastikan kelancaran proses produksi [1] [2].

Data yang dihasilkan oleh proyek animasi ini tidak hanya besar dalam volume tetapi juga beragam dalam jenis dan format, yang memerlukan pendekatan penyimpanan yang fleksibel dan skalabel [3].

Tradisional, studio animasi menggunakan penyimpanan lokal (on-premise) untuk mengelola data produksi. Penyimpanan lokal, seperti Network Attached Storage (NAS) dan Storage Area Network (SAN), menawarkan kecepatan akses yang tinggi, yang sangat penting untuk proses rendering dan editing yang membutuhkan throughput data yang besar [4] [5] [6].

Namun, solusi ini memiliki potensi dampak permasalahan yaitu keterbatasan dalam hal kapasitas dan skalabilitas, serta biaya yang tinggi untuk pemeliharaan perangkat keras dan infrastruktur [7] [8].

Selain itu, penyimpanan lokal rentan terhadap kegagalan perangkat keras dan bencana alam, yang dapat menyebabkan kehilangan data yang signifikan [9].

Sebagai alternatif, penyimpanan berbasis cloud telah menjadi pilihan populer karena menawarkan kapasitas yang hampir tak terbatas, biaya operasional yang lebih rendah, dan redundansi data yang lebih baik [10].

Cloud storage memungkinkan studio animasi untuk menyimpan data dalam jumlah besar tanpa perlu investasi besar dalam infrastruktur fisik [11] [12].

Namun, penggunaan cloud storage juga memiliki tantangan, terutama terkait dengan latensi akses data dan biaya yang terkait dengan transfer data yang sering dan volume besar [13] [14].

Misalnya, data yang sering diakses membutuhkan tier cloud storage dengan kecepatan tinggi seperti Google Cloud Storage Standard atau Azure Blob Storage Hot Tier, yang memiliki biaya lebih tinggi dibandingkan dengan tier penyimpanan yang lebih lambat [15] [16].

Namun apakah cloud storage yang menggunakan bandwidth internet mumpuni untuk digunakan bekerja pada proses rendering dan editing film animasi. Kekhawatiran inilah perlu dilakukan penelitian untuk

mengambil manfaat dari kedua jenis storage (on-premise dan cloud).

Pendekatan penyimpanan berbasis hierarki menawarkan solusi yang lebih seimbang untuk mengatasi keterbatasan ini. Dengan mengelompokkan data berdasarkan frekuensi akses dan jenis data, pendekatan ini memungkinkan kombinasi optimal antara penyimpanan lokal dan cloud [13].

Data yang sering diakses dan kritis dapat disimpan di penyimpanan lokal atau di tier cloud storage dengan kecepatan tinggi, sementara data yang jarang diakses dapat disimpan di cloud storage yang lebih murah dengan kecepatan akses yang lebih lambat [17] [18] [19].

Misalnya, file render dan aset 3D yang sedang dalam produksi aktif bisa disimpan di NAS lokal dengan SSD untuk memastikan kecepatan akses yang tinggi, sedangkan proyek selesai atau backup jangka panjang dapat dipindahkan ke cloud storage seperti Google Cloud Storage Coldline atau Azure Blob Storage Archive Tier untuk mengurangi biaya [20] [21].

Pendekatan hierarki ini juga menggabungkan penggunaan penyimpanan lokal dan cloud dalam model hybrid, yang memungkinkan studio animasi untuk mengoptimalkan biaya dan kinerja penyimpanan data mereka. Menurut penelitian oleh Gupta et al. (Gupta et al., 2021), penyimpanan berbasis hierarki memungkinkan penggunaan kapasitas penyimpanan yang lebih efisien dengan memindahkan data antara tier penyimpanan berdasarkan frekuensi akses dan relevansi data [22].

Lebih lanjut, penggunaan pendekatan penyimpanan berbasis hierarki juga memungkinkan pemulihan data yang lebih efisien dalam kasus kegagalan sistem atau bencana. Data yang kritis dapat diprioritaskan untuk penyimpanan di lokasi dengan akses cepat, yang meningkatkan ketahanan data dan mengurangi waktu pemulihan dalam kasus kegagalan perangkat keras atau serangan siber [23].

Dengan mempertimbangkan berbagai penelitian dan temuan ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi metode penyimpanan data besar berbasis hierarki untuk produksi film animasi layar lebar. Studi ini menggunakan pendekatan audit teknologi informasi untuk mengidentifikasi kebutuhan penyimpanan, mengkategorikan data berdasarkan frekuensi akses dan jenis, serta memberikan rekomendasi optimasi penyimpanan. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan strategi manajemen data yang lebih efisien dan hemat biaya dalam produksi film animasi, yang dapat diadopsi oleh studio animasi di seluruh dunia untuk meningkatkan kinerja operasional mereka.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penyimpanan Data Besar (Big Data Storage)

Penyimpanan data besar merupakan elemen penting dalam pengelolaan data dengan volume yang

besar. Produksi film animasi layar lebar menghasilkan berbagai jenis data, seperti file rendering, model 3D, tekstur, hingga referensi visual, yang membutuhkan ruang penyimpanan besar serta kecepatan akses tinggi. Teknologi penyimpanan modern, seperti Network Attached Storage (NAS) dan cloud storage, menjadi solusi populer untuk menangani data besar. Teknologi ini memungkinkan skalabilitas, pengelolaan yang lebih fleksibel, serta penghematan biaya operasional dibandingkan sistem penyimpanan konvensional [24].

2.2. Metode Hierarki dalam Penyimpanan Data

Metode hierarki adalah pendekatan pengelolaan data dengan cara mengklasifikasikan data berdasarkan frekuensi akses, jenis data, dan besar data dikaitkan dengan jenis storage yang digunakan dengan mempertimbangkan efisiensi biaya storage namun tetap menjaga performa, sehingga pengguna atau artis 3D animasi dapat tetap lancar saat bekerja [25]. Dalam produksi film animasi, data umumnya dibagi menjadi tiga kategori utama:

- a. Data Aktif: Data yang sering diakses selama proses produksi, seperti file rendering dan model 3D. Data ini memerlukan performa tinggi untuk mendukung proses produksi.
- b. Data Pendukung: Data yang digunakan secara periodik, seperti referensi visual dan revisi storyboard. Kebutuhan aksesnya tidak setinggi data aktif, sehingga biaya penyimpanan dapat dioptimalkan.
- c. Data Arsip: Data yang jarang diakses, seperti file proyek selesai dan dokumentasi. Data ini ideal disimpan pada penyimpanan dengan biaya rendah.

Pendekatan hierarki bertujuan untuk memadukan efisiensi pengelolaan biaya storage namun tetap menjaga performa, sehingga pengguna atau artis 3D animasi dapat tetap lancar saat bekerja. Data dengan kebutuhan akses tinggi dialokasikan pada penyimpanan berperforma tinggi (seperti Tier 1 Cloud atau NAS), sementara data dengan kebutuhan akses rendah dapat disimpan pada penyimpanan biaya rendah (seperti Tier 3 Cloud).

2.3. Teknologi Penyimpanan: NAS dan Cloud Storage

- a. Network Attached Storage (NAS)
NAS adalah perangkat penyimpanan lokal yang diakses melalui jaringan dan dirancang untuk menyediakan akses cepat ke data karena cukup memanfaatkan bandwidth jaringan lokal [26].
- b. Cloud Storage
Cloud storage menawarkan fleksibilitas tinggi dalam penyimpanan data dengan berbagai tingkatan layanan:
 - Tier 1 (Hot Storage): Penyimpanan performa tinggi untuk data yang sering diakses.
 - Tier 2 (Cool Storage): Biaya lebih rendah untuk data yang jarang diakses.

- Tier 3 (Archive Storage): Solusi hemat biaya untuk data yang hanya diakses sesekali. Cloud storage juga memberikan keunggulan dalam hal redundansi data [27].

2.4. Pendekatan Hierarki untuk Pemilihan Storage

Decision tree berbasis pendekatan hierarki adalah metode berbasis diagram atau tabel yang digunakan untuk pengambilan keputusan logis dengan mempertimbangkan berbagai variabel. Setiap variabel diberi nilai biner (0 atau 1) [28]. Dalam tabel pengambilan keputusan yang digunakan pada penelitian ini, variabel utama meliputi:

- a. Biaya Operasional: Mengukur efisiensi pengeluaran untuk penyimpanan data.
- b. Kecepatan Akses: Mengacu pada performa akses data yang dapat mendukung aktivitas pengguna.
- c. Kepuasan Pengguna: Menggambarkan kenyamanan dan kemudahan yang dirasakan pengguna selama proses penyimpanan.

Kombinasi nilai variabel ini menentukan jenis penyimpanan yang optimal, seperti on-premise atau cloud. *Decision tree* membantu menyederhanakan proses analisis dan memberikan panduan logis dalam pengambilan keputusan [10].

2.5. Optimalisasi Kecepatan Akses

Konsep *Throughput Data* (Td) adalah metrik untuk mengukur kinerja sistem penyimpanan dalam menyediakan data dalam jumlah besar dengan cepat [29]. Throughput data didefinisikan sebagai jumlah data yang dipindahkan melalui sistem dalam waktu tertentu. Rumus untuk menghitung throughput data adalah:

$$T_d = \frac{S_{data}}{S_{transfer}} \quad (1)$$

S_{data} adalah ukuran total data yang ditransfer.

$S_{transfer}$ adalah waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer data tersebut.

2.6. Relevansi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penyimpanan data besar dalam produksi film animasi layar lebar menggunakan metode hierarki. Dengan mengintegrasikan pendekatan hierarki, teknologi NAS, dan cloud storage, penelitian ini diharapkan mampu memberikan panduan praktis dalam pengelolaan data besar pada studio animasi.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan eksperimental untuk mengukur kinerja dan efisiensi berbagai metode penyimpanan data besar dalam produksi film animasi layar lebar. Fokus utama adalah membandingkan solusi penyimpanan lokal (NAS) dan solusi cloud storage berdasarkan kategori data, frekuensi akses, jenis data, dan durasi retensi. Pendekatan ini juga mengintegrasikan metode hierarki

sebagai strategi optimalisasi penyimpanan. Metode hierarki adalah pendekatan yang mengelompokkan data berdasarkan karakteristik seperti frekuensi akses, jenis data, dan durasi retensi. Dalam konteks penelitian ini, data dikelompokkan ke dalam tiga tingkatan utama: data aktif, data pendukung, dan data arsip. Masing-masing tingkatan dialokasikan ke solusi penyimpanan yang sesuai, seperti NAS, cloud storage Tier 1, Tier 2 untuk frekuensi akses sedang ke tinggi dan kecepatan akses data sedang ke cepat. Cloud jenis personal dan Tier 3 untuk data pendukung dan arsip. Strategi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi akses data sekaligus mengoptimalkan biaya penyimpanan.

3.2. Langkah-langkah Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah penelitian untuk memudahkan tahapan penelitian:



Gambar 1. Alur penelitian

a. Studi Literatur

- Mengumpulkan dan menganalisis referensi tentang teknologi penyimpanan data besar, metode hierarki, dan solusi penyimpanan cloud.
- Mengidentifikasi parameter kecepatan akses dan kepuasan pengguna dalam transfer atau menyimpan pekerjaan ke storage server.
- Mengumpulkan informasi dari situs resmi Google dan Microsoft terkait jenis-jenis layanan cloud storage yang ditawarkan, seperti Google Cloud Storage (Standard, Nearline, Coldline, Archive) dan Microsoft Azure Blob Storage (Hot, Cool, Archive). Informasi biaya, performa, dan keunggulan masing-masing jenis cloud storage.

b. Klasifikasi Data Produksi

- Mengumpulkan data dari proyek animasi layar lebar sebelumnya, dengan ukuran total data hingga 110 TB.
- Membagi data ke dalam tiga kategori: data aktif, data pendukung, dan data arsip, berdasarkan kebutuhan frekuensi akses dan durasi retensi.

c. Desain Eksperimen

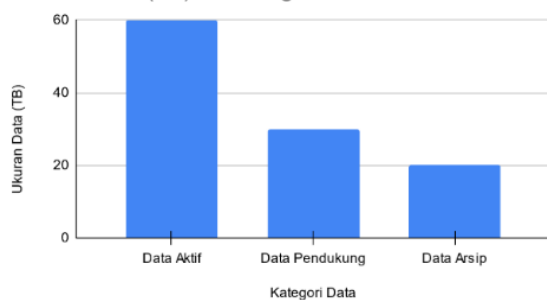
- Membandingkan jenis storage on-premise (NAS) dengan cloud Tier 1 (cloud storage untuk data aktif), Tier 2 (cloud storage untuk data pendukung), dan Tier 3 (cloud storage untuk data arsip). Parameter yang diuji yaitu

- kecepatan dalam Mbps dan dapat digunakan proses rendering.
- Implementasi Metode Hierarki
 - Menyusun strategi hierarki untuk mengalokasikan data sesuai dengan kategori: Data aktif: NAS atau Tier 1. Data pendukung: Tier 2. Data arsip: Tier 3.
 - Menggunakan skenario simulasi produksi untuk menguji keefektifan metode hierarki.
 - Pengumpulan dan Analisis Data
 - Membandingkan hasil eksperimen berdasarkan parameter kinerja, biaya, dan efisiensi.
 - Validasi dan Pelaporan
 - Menyusun laporan hasil penelitian yang mencakup analisis kinerja, biaya, efisiensi, dan rekomendasi solusi penyimpanan yang optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan penelitian ini berdasarkan pengamatan di lapangan dan melakukan wawancara kepada karyawan produksi.

Ukuran Data (TB) vs. Kategori Data



Gambar 2. Ukuran data vs Kategori Data

Frekuensi akses data dalam produksi film animasi layar lebar bervariasi sesuai dengan kategori data. Data Aktif memiliki frekuensi akses tinggi karena digunakan setiap hari selama proses produksi, seperti untuk rendering harian atau pengelolaan file aset 3D. Data Pendukung, yang mencakup referensi film dan revisi storyboard, diakses beberapa kali selama fase tertentu dalam produksi, dengan frekuensi sedang. Sementara itu, Data Arsip, yang mencakup data yang jarang digunakan seperti dokumen audit atau data dokumentasi, memiliki frekuensi akses rendah dan hanya diakses beberapa kali dalam setahun.

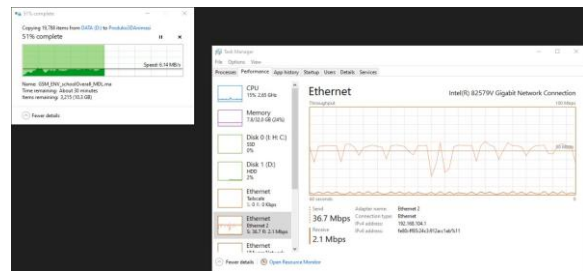
Tabel 1. Jumlah data berdasarkan kategori data

Kategori Data	Ukuran Data (TB)	Frekuensi Akses	Data
Data Aktif	60	Tinggi	Render video, model 3D
Data Pendukung	30	Sedang	Storyboard, catatan produksi
Data Arsip	20	Rendah	File proyek selesai

Data aktif, diakses setiap hari selama proses produksi. Data pendukung, diakses beberapa kali selama fase tertentu. Data arsip, diakses beberapa kali dalam setahun.

4.1. Transfer Data Dari PC Lokal Ke Storage NAS

Hasil pengujian transfer file sebesar 20 GB dari PC kerja ke storage server on-premise dengan bandwidth 100 Mbps menunjukkan rata-rata kecepatan upload sebesar 45.68 Mbps dan download sebesar 2.91 Mbps. Dari data tersebut, terlihat bahwa kecepatan transfer cenderung fluktuatif, terutama pada saat awal transfer data, dengan kecepatan berkisar antara 6 Mbps hingga 74 Mbps.



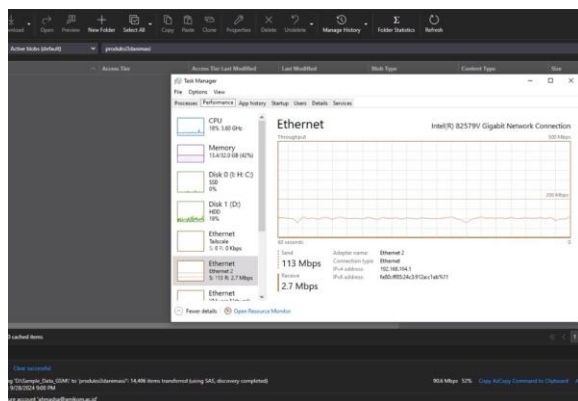
Gambar 3. Uji transfer file dari PC Lokal ke Storage on-premise

Hal ini menunjukkan performa transfer data yang tidak stabil, dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kapasitas jaringan, protokol transfer data, dan kondisi perangkat keras server.

Ketidakstabilan transfer file ini dapat disebabkan oleh keterbatasan protokol transfer data pada sistem on-premise, seperti protokol SMB (Server Message Block), yang kurang optimal untuk menangani transfer data dalam jumlah besar secara kontinu dibandingkan protokol yang digunakan oleh cloud storage. Selain itu, faktor lain seperti latensi jaringan lokal, beban kerja pada server on-premise, serta performa hard disk pada server juga memengaruhi kecepatan transfer.

4.2. Transfer Data Dari PC Lokal Ke Cloud

Proses transfer data dari PC lokal ke Azure Blob Storage menunjukkan performa yang optimal dengan rata-rata kecepatan upload mencapai 105.48 Mbps dan kecepatan download sebesar 11.26 Mbps. Transfer data sebesar 20 GB dari PC lokal ke cloud dilakukan dengan bandwidth internet upload dan download yang disediakan sebesar 100 Mbps. Total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan transfer ini adalah 31 menit. Kecepatan upload ini mendekati batas maksimum bandwidth yang disediakan, menunjukkan efisiensi pemanfaatan jaringan. Pada awal transfer, terlihat fluktuasi kecepatan, misalnya hanya 16.9 Mbps pada detik pertama, sebelum akhirnya stabil mendekati kapasitas maksimum. Hal ini umum terjadi karena adanya proses inisialisasi jaringan atau caching pada awal transfer data.



Gambar 4. Uji transfer file dari PC Lokal ke Cloud

Grafik throughput yang ditampilkan pada Task Manager juga memperlihatkan konsistensi performa jaringan, dengan sedikit variasi kecepatan selama proses transfer berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa protokol transfer yang digunakan oleh Azure, seperti HTTPS atau SAS (Shared Access Signature), telah dioptimalkan untuk memastikan stabilitas dan efisiensi transfer data besar. Transfer data mencapai progres 52% dalam waktu yang relatif singkat, mendukung klaim bahwa Azure Blob Storage cocok untuk kebutuhan penyimpanan data aktif dan pendukung dalam produksi film animasi layar lebar.

Meskipun kecepatan download lebih rendah, yaitu rata-rata 11.26 Mbps, hal ini tidak menjadi kendala besar mengingat prioritas utama adalah proses upload. Dengan stabilitas yang ditawarkan, Azure Blob Storage memberikan solusi penyimpanan yang andal dan efisien untuk mendukung operasional produksi film.

Transfer ke Azure Cloud menggunakan protokol berbasis HTTPS atau SAS menunjukkan performa yang lebih stabil karena memanfaatkan jaringan yang telah dioptimalkan untuk transfer data besar.

Infrastruktur cloud didesain untuk mengurangi bottleneck dengan caching dan pengelolaan throughput yang lebih canggih, sehingga hasil transfer ke cloud cenderung lebih konsisten dibandingkan server on-premise.

4.3. Analisis Kepuasan Pengguna

Pengujian kepuasan pengguna yaitu dengan cara menyediakan storage lokal/NAS dan storage berbasis Cloud Tier 1. Pengguna/tim render yang berjumlah 2 orang melakukan percobaan mengambil data aset 3D dari server NAS dan Cloud Storage. Dari pengujian parameter yang digunakan yaitu:

Table 1. Kepuasan pengguna akses data

Kriteria	Hasil	
	NAS	Cloud/Tier 1
Membuka file aset 3D	Lancar	Lancar
Menggerakkan aset 3D	Lancar	Lancar
Edit Aset 3D	Lancar	Lancar
Render Aset 3D	Lancar	Lancar

4.4. Pemilhan Penyimpanan Berbasis Hierarki

Hasil pengujian fungsi dan kecepatan transfer file dari komputer kerja ke storage server penyimpanan berbasis hierarki (local storage atau hybrid atau cloud storage) berdasarkan kategori data dapat berfungsi dan layak jika menjadi alternatif infrastruktur produksi di studio animasi. Sebagaimana pengujian pada proses render dan modeling aset 3D. Untuk Data Aktif berikut keputusan berjenjang atau pendekatan hierarki.

Cloud Storage dipilih jika kondisinya Biaya rendah (1), Kecepatan tinggi (1), Kepuasan pengguna tinggi (1). On-premise Storage dipilih pada kondisi di mana salah satu atau lebih dari variabel tersebut tidak mendukung (biaya tinggi, kecepatan rendah dan kepuasan pengguna rendah).

Tabel 2. Keputusan pemilihan storage pendekatan hierarki

Indeks	Biaya Operasional	Kecepatan Akses	Kepuasan Pengguna	Pilihan Storage	Keputusan Berjenjang/Hierarki
0	0	0	0	On-premise	Biaya tinggi, kecepatan lambat, dan kepuasan pengguna rendah → On-premise karena semua variabel tidak mendukung cloud.
1	0	0	1	On-premise	Biaya tinggi, kecepatan lambat, tetapi kepuasan pengguna tinggi → On-premise karena biaya masih tinggi.
2	0	1	0	On-premise	Biaya tinggi, kecepatan akses cepat, namun kepuasan rendah → On-premise karena biaya masih tinggi.
3	0	1	1	On-premise	Biaya tinggi, kecepatan akses cepat, dan kepuasan pengguna tinggi → On-premise karena biaya masih tinggi.
4	1	0	0	On-premise	Biaya rendah, kecepatan lambat, dan kepuasan rendah → On-premise karena kecepatan akses dan kepuasan pengguna rendah.
5	1	0	1	On-premise	Biaya rendah, kecepatan akses rendah, dan kepuasan pengguna tinggi → On-premise karena kecepatan akses rendah.
6	1	1	0	On-premise	Biaya rendah, kecepatan akses cepat, dan kepuasan rendah → On-premise karena kepuasan rendah.

Indeks	Biaya Operasional	Kecepatan Akses	Kepuasan Pengguna	Pilihan Storage	Keputusan Berjenjang/Hierarki
7	1	1	1	Cloud	Biaya rendah, kecepatan akses cepat, dan kepuasan tinggi → Cloud dipilih karena ketiga variabel memenuhi

4.5. Perbandingan Optimalisasi Storage

Sebelum penelitian, organisasi menggunakan penyimpanan lokal (NAS) untuk semua data produksi. Pada penelitian mengeksplorasi perubahan signifikan dalam sistem penyimpanan data, yang mencakup aspek-aspek penting seperti jenis penyimpanan yang

digunakan, kapasitas penyimpanan, kecepatan akses data, biaya operasional, kepuasan pengguna, serta risiko kehilangan data.

Pada Tabel 3 didapatkan perbandingan sebelum dan setelah optimalisasi storage di kedua lingkungan yaitu on-premise dan cloud.

Tabel 3. Tingkatan cloud storage, tingkatan akses dan jenis data

Aspek	Sebelum Penelitian	Setelah Penelitian
Jenis Penyimpanan yang Digunakan	Penyimpanan lokal (NAS) untuk semua data produksi	Kombinasi antara NAS, cloud storage Tier 1, Tier 2 untuk data aktif, dan dan Tier 3, personal cloud untuk data pendukung dan arsip
Kapasitas Penyimpanan	Terbatas pada kapasitas perangkat keras lokal (dengan keterbatasan skalabilitas dan pemeliharaan yang mahal)	Penyimpanan berbasis cloud memungkinkan kapasitas yang hampir tak terbatas, dengan opsi tiering untuk efisiensi biaya
Kecepatan Akses Data	Proses render mengandalkan storage on-premise, karena berasumsi jaringan LAN lebih stabil	Kecepatan dan kestabilan storage cloud Tier 1 mampu mengungguli on-premise NAS. Cloud Tier 1 storage mampu dikecepatan Up / Down rata-rata di 106 / 11 Mbps, sedangkan on-premise Up / Down rata-rata di 46 / 3 Mbps
Biaya Operasional	Biaya tinggi untuk penyimpanan perangkat keras dan pemeliharaan perangkat, dengan risiko kegagalan perangkat keras yang dapat menambah biaya tak terduga	Tidak memerlukan biaya operasional, namun harus memastikan anggaran berlangganan bulanan, namun relatif lebih murah dibanding operasional storage on-premise.
Kepuasan Pengguna	Pengguna mengalami fluktuasi dalam kecepatan akses, terutama pada data besar yang sering diakses. Gangguan performa pada proses rendering dan editing.	Pengguna merasa lebih puas karena akses data lebih stabil dan efisien, terutama dengan penggunaan cloud storage Tier 1 yang lebih cepat untuk data aktif dan Tier 3 yang lebih murah untuk data arsip
Risiko Kehilangan Data	Risiko tinggi akibat kegagalan perangkat keras lokal dan potensi kehilangan data penting jika terjadi bencana atau kegagalan sistem.	Redundansi data yang lebih baik dengan cloud storage, meminimalkan risiko kehilangan data penting akibat kegagalan perangkat keras atau bencana alam

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan penyimpanan berbasis hierarki dapat meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan data besar untuk produksi film animasi layar lebar, dengan kombinasi NAS dan cloud storage sebagai solusi ideal. Data aktif sebaiknya disimpan pada NAS atau cloud Tier 1 untuk mendukung akses cepat dan stabil, sementara data pendukung dan arsip dapat dialokasikan ke Tier 2 dan Tier 3 untuk mengoptimalkan biaya. Meskipun NAS unggul dalam latensi rendah, performa throughput-nya kurang stabil dibandingkan cloud storage yang menawarkan fleksibilitas, efisiensi biaya, dan performa stabil untuk kebutuhan jangka panjang. Untuk itu, studio animasi disarankan menggunakan pendekatan hierarki untuk mengoptimalkan penyimpanan data, mengimplementasikan cloud storage Tier 2 dan Tier 3 untuk mengurangi biaya, dan mempertahankan penggunaan NAS untuk data aktif dengan latensi rendah, dengan peningkatan jaringan untuk stabilitas throughput. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan protokol transfer data yang lebih efisien untuk sistem lokal dan hybrid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Liang, F. Wu, J. Chang, dan M. Wang, "Prototype of Intelligent Data Management System for Computer Animation (iMCA)," dalam *Next Generation Computer Animation Techniques*, vol. 10582, J. Chang, J. J. Zhang, N. Magnenat Thalmann, S.-M. Hu, R. Tong, dan W. Wang, Ed., dalam *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 10582, Cham: Springer International Publishing, 2017, hlm. 189–206. doi: 10.1007/978-3-319-69487-0_14.
- [2] E. Dinur, *The filmmaker's guide to visual effects: the art and techniques of VFX for directors, producers, editors, and cinematographers*. New York London: Routledge, Taylor & Francis Group, 2017.
- [3] admin, "Cloud Computing in Media and Entertainment: Scalability and Collaboration in Production," *Technology Innovators*. Diakses: 16 Maret 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.technology-innovators.com/cloud-computing-in-media-and-entertainment-scalability-and-collaboration-in-production/>

- [4] K. Fornito, C. Zembower, dan S. Sneddon, "Using infrastructure-as-code and the public cloud to power on-air media creation platforms," dalam *SMPTE 2019*, SMPTE, 2019, hlm. 1–9. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8977467/>
- [5] K. Paulsen, "Video Recording, Servers, and Storage," dalam *National Association of Broadcasters Engineering Handbook*, Routledge, 2017, hlm. 677–744. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315680149-39/video-recording-servers-storage-karl-paulsen>
- [6] D. S. Adj, G. Eduardus, dan W. Budiharto, "Performance Analysis Between Cloud Storage and NAS to Improve Company's Performance: A Literature Review," dalam *2021 1st International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence (ICCSAI)*, IEEE, 2021, hlm. 263–268. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9609792/>
- [7] S. Obrutsky, "Cloud Storage: Advantages, Disadvantages and Enterprise Solutions for Business," Jul 2016.
- [8] A. Abualkashik, A. Alwan, dan Y. Gulzar, "Disaster Recovery in Cloud Computing Systems: An Overview," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 11, hlm. 702, Okt 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110984.
- [9] L. Xing, "Cascading failures in internet of things: review and perspectives on reliability and resilience," *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 1, hlm. 44–64, 2020.
- [10] A. D. Antu, A. Kumar, R. Kelley, dan B. Xie, "Comparative Analysis of Cloud Storage Options for Diverse Application Requirements," dalam *Cloud Computing – CLOUD 2021*, vol. 12989, K. Ye dan L.-J. Zhang, Ed., dalam *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 12989, Cham: Springer International Publishing, 2022, hlm. 75–96. doi: 10.1007/978-3-030-96326-2_6.
- [11] Y. Lien, M. K. O'Brien, dan L. Savidge, "Cartoons in the Cloud," dalam *ACM SIGGRAPH 2021 Talks*, Virtual Event USA: ACM, Jul 2021, hlm. 1–2. doi: 10.1145/3450623.3464680.
- [12] A. Willis, P. Utomo, dan P. M. Winarno, "Roadmap Development For Cloud Technology Implementation In Animation Industry (A Case Study)," dalam *ICEBE 2020: Proceedings of the First International Conference of Economics, Business & Entrepreneurship*, ICEBE 2020, 1st October 2020, Tangerang, Indonesia, European Alliance for Innovation, 2021, hlm. 462. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=pLIsEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA462&dq=Roadmap+Development+For+Cloud+Technology+Implementation+In+Animation+Industry+\(A+Case+Study\)&ots=AoDVkiAWD8&sig=45iN7RGhcdyzpxTa5p_84RDIWOY](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=pLIsEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA462&dq=Roadmap+Development+For+Cloud+Technology+Implementation+In+Animation+Industry+(A+Case+Study)&ots=AoDVkiAWD8&sig=45iN7RGhcdyzpxTa5p_84RDIWOY)
- [13] J. Matt, P. Waibel, dan S. Schulte, "Cost-and latency-efficient redundant data storage in the cloud," dalam *2017 IEEE 10th Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA)*, IEEE, 2017, hlm. 164–172. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8241539/>
- [14] A. S. Pothukuchi, "a Critical Analysis of the Challenges and Opportunities To Optimize Storage Costs for Big Data in the Cloud," *Asian J. Multidiscip. Res. Rev.*, vol. 3, no. 1, hlm. 132–144, 2022.
- [15] S. Armoogum dan P. Khonje, "Healthcare Data Storage Options Using Cloud," dalam *The Fusion of Internet of Things, Artificial Intelligence, and Cloud Computing in Health Care*, P. Siarry, M. A. Jabbar, R. Aluvalu, A. Abraham, dan A. Madureira, Ed., dalam *Internet of Things*, Cham: Springer International Publishing, 2021, hlm. 25–46. doi: 10.1007/978-3-030-75220-0_2.
- [16] M. Liu, L. Pan, dan S. Liu, "Cost Optimization for Cloud Storage from User Perspectives: Recent Advances, Taxonomy, and Survey," *ACM Comput. Surv.*, vol. 55, no. 13s, hlm. 1–37, Des 2023, doi: 10.1145/3582883.
- [17] R. Irie, S. Murata, Y.-F. Hsu, dan M. Matsuoka, "A novel automated tiered storage architecture for achieving both cost saving and qoe," dalam *2018 IEEE 8th International Symposium on Cloud and Service Computing (SC2)*, IEEE, 2018, hlm. 32–40. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8567370/>
- [18] Y.-F. Hsu, R. Irie, S. Murata, dan M. Matsuoka, "A novel automated cloud storage tiering system through hot-cold data classification," dalam *2018 IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*, IEEE, 2018, hlm. 492–499. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8457837/>
- [19] P. Xu *dkk.*, "Building a Fast and Efficient LSM-tree Store by Integrating Local Storage with Cloud Storage," *ACM Trans. Archit. Code Optim.*, vol. 19, no. 3, hlm. 1–26, Sep 2022, doi: 10.1145/3527452.
- [20] M. Liu, L. Pan, dan S. Liu, "Keep hot or go cold: A randomized online migration algorithm for cost optimization in staas clouds," *IEEE Trans.*

- Netw. Serv. Manag.*, vol. 18, no. 4, hlm. 4563–4575, 2021.
- [21] S. Saarteinen, “Cloud Cost Optimization & Capacity Management,” Master’s Thesis, 2020. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/122129>
- [22] T. Zhang, S. Toor, dan A. Hellander, “Efficient Hierarchical Storage Management Framework Empowered by Reinforcement Learning,” 12 Januari 2022, *arXiv*: arXiv:2201.11668. Diakses: 4 September 2024. [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/2201.11668>
- [23] T. Jun-Feng, Z. Jia-Yao, dan D. Rui-Zhong, “Data hierarchical storage strategy for data disaster recovery,” *IEEE Access*, vol. 6, hlm. 45606–45616, 2018.
- [24] J. Blat dkk., “Big Data Analysis for Media Production,” *Proc. IEEE*, vol. 104, hlm. 1–30, Des 2015, doi: 10.1109/JPROC.2015.2496111.
- [25] Y. Mansouri, A. N. Toosi, dan R. Buyya, “Data Storage Management in Cloud Environments: Taxonomy, Survey, and Future Directions,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 50, no. 6, hlm. 1–51, Nov 2018, doi: 10.1145/3136623.
- [26] “Storage Area Network (SAN) vs. Network Attached Storage (NAS) | IBM.” Diakses: 9 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ibm.com/think/topics/san-vs-nas>
- [27] normesta, “Access tiers for blob data - Azure Storage.” Diakses: 9 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/storage/blobs/access-tiers-overview>
- [28] “Apa itu Decision Trees? | IBM.” Diakses: 9 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ibm.com/id-id/topics/decision-trees>
- [29] “(PDF) Pengantar Jaringan Komputer.” Diakses: 9 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://www.researchgate.net/publication/385936418_Pengantar_Jaringan_Komputer