



Evaluasi Kinerja Sistem File dalam Pengelolaan Akses Data pada Sistem Operasi

Adjie Permana Putra Kurniawan¹, Teti Desyani², Muhammad Fadhil Alhady³, Dauzan Galuh Janualka⁴,
Muhammad Hilmy Al Fauzan Ariawan⁵, Rizki Ardiansyah Putra⁶

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang Jl. Puspitpek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310

¹permanaaji140@gmail.com, ²dosen00839@unpam.ac.id, ³fadhil.tmc32@gmail.com, ⁴gantenggaluh75@gmail.com,
⁵muhammadhilmyalfauzanariawan@gmail.com, ⁶rizkiardiansyah1307@gmail.com

Abstrak

Sistem file merupakan komponen penting dalam sistem operasi yang berperan dalam mengatur penyimpanan, pengelolaan, dan akses data pada perangkat penyimpanan. Pemilihan sistem file yang tepat dapat memengaruhi kecepatan transfer, efisiensi akses, serta kinerja keseluruhan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja dua sistem file yang umum digunakan pada sistem operasi Windows, yaitu NTFS (*New Technology File System*) pada penyimpanan internal dan FAT32 (*File Allocation Table 32-bit*) pada perangkat penyimpanan eksternal. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimental kuantitatif dengan melakukan pengujian menggunakan perangkat lunak CrystalDiskMark sebanyak tiga kali percobaan pada masing-masing konfigurasi. Parameter pengujian meliputi *Sequential Read/Write* (SEQ1M Q8T1 dan SEQ1M Q1T1), serta *Random Read/Write* (RND4K Q32T1 dan RND4K Q1T1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa NTFS pada SSD internal memiliki kinerja yang jauh lebih tinggi dibandingkan FAT32 pada flash disk eksternal dalam seluruh skenario pengujian. Kecepatan baca sekuensial rata-rata NTFS mencapai 889,41 MB/s dan tulis 860,38 MB/s, sedangkan FAT32 hanya mencapai 39,79 MB/s untuk baca dan 24,48 MB/s untuk tulis. Perbedaan terbesar ditemukan pada pengujian akses acak RND4K Q32T1, di mana NTFS unggul hingga 37,33 kali pada kecepatan baca dan 56,37 kali pada kecepatan tulis. Penelitian ini menyimpulkan bahwa keunggulan kinerja NTFS tidak hanya dipengaruhi oleh struktur sistem file, tetapi juga oleh karakteristik media penyimpanan yang digunakan. Kombinasi NTFS dengan SSD lebih optimal untuk kebutuhan akses data berkecepatan tinggi, sedangkan FAT32 tetap relevan untuk perangkat portabel yang mengutamakan kompatibilitas.

Kata kunci: Sistem File, NTFS, FAT32, CrystalDiskMark, Benchmark, Kecepatan Baca, Kecepatan Tulis, Sistem Operasi.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Sistem file merupakan komponen inti dari sistem operasi yang bertanggung jawab dalam mengatur cara data disimpan, diorganisasi, dan diakses pada perangkat penyimpanan (Salsabilla, 2022; Meiditra et al., 2026). Tanpa adanya sistem file, sistem operasi tidak akan mampu memahami struktur penyimpanan data sehingga proses akses informasi menjadi tidak teratur dan sulit dikelola. Pemilihan sistem file yang tepat memiliki pengaruh besar terhadap efisiensi operasi baca dan tulis, waktu respons sistem, serta keandalan penyimpanan data secara keseluruhan (Rane & Singh, 2024). Oleh karena itu, sistem file menjadi salah satu aspek penting yang menentukan performa dan efektivitas penggunaan perangkat komputer modern.

Perkembangan teknologi komputer menyebabkan kebutuhan terhadap sistem penyimpanan data yang lebih cepat, aman, dan efisien semakin meningkat (Aulia et al., 2023; Barus et al., 2024). Sistem file modern tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme penyimpanan data, tetapi juga menyediakan berbagai fitur tambahan seperti pengaturan hak akses, keamanan data, pemulihan kesalahan, serta optimalisasi proses transfer data. Perbedaan arsitektur pada setiap sistem file menyebabkan adanya variasi kemampuan dalam menangani berbagai jenis aktivitas penyimpanan. Hal tersebut menjadikan evaluasi kinerja sistem file menjadi penting untuk mengetahui tingkat efektivitasnya dalam mendukung kebutuhan pengguna.

Dua sistem file yang paling banyak digunakan dalam lingkungan sistem operasi Windows adalah NTFS (*New Technology File System*) dan FAT32 (*File Allocation Table 32-bit*) (Rusbarsky & City, 2012). NTFS merupakan sistem file modern yang dikembangkan oleh Microsoft sebagai pengganti FAT dengan kemampuan yang lebih kompleks, seperti journaling, enkripsi berbasis EFS, *Access Control List* (ACL), serta dukungan ukuran file yang jauh lebih besar (Fawwauzy et al., 2025). Struktur NTFS menggunakan metadata yang lebih kompleks, termasuk *Master File Table* (MFT), bitmap, dan *transaction log* untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan file serta menjaga integritas data (Rane & Singh, 2024). Kemampuan tersebut membuat NTFS banyak digunakan sebagai sistem file utama pada penyimpanan internal Windows.

Berbeda dengan NTFS, FAT32 merupakan sistem file yang lebih sederhana namun memiliki tingkat kompatibilitas yang sangat luas dengan berbagai perangkat. FAT32 menggunakan tabel alokasi file sebagai mekanisme utama dalam mencatat lokasi penyimpanan data sehingga struktur sistemnya lebih ringan dibandingkan NTFS. Sistem file ini masih banyak digunakan pada perangkat penyimpanan eksternal seperti flash disk, kartu memori, dan perangkat elektronik lainnya karena mampu digunakan pada berbagai platform (Rane & Singh, 2024). Namun, FAT32 memiliki beberapa keterbatasan seperti batas ukuran file maksimal 4 GB, tidak memiliki fitur enkripsi bawaan, serta tidak mendukung mekanisme journaling.

Perbedaan karakteristik antara NTFS dan FAT32 memberikan pengaruh terhadap kemampuan masing-masing sistem file dalam mengelola akses data. NTFS dengan struktur metadata yang lebih kompleks menawarkan fitur keamanan dan pengelolaan file yang lebih baik, tetapi memiliki tingkat kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan FAT32. Sementara itu, FAT32 memiliki keunggulan dalam kompatibilitas namun memiliki keterbatasan dalam mendukung kebutuhan penyimpanan modern. Penelitian mengenai perilaku alokasi data pada NTFS menunjukkan bahwa struktur pengelolaan file dapat memengaruhi pola akses dan efisiensi penyimpanan pada sistem operasi Windows (Karresand et al., 2020).

Selain faktor sistem file, jenis media penyimpanan juga menjadi faktor penting yang memengaruhi hasil pengukuran kinerja. SSD (*Solid State Drive*) memiliki karakteristik kecepatan transfer dan latensi yang berbeda dibandingkan media penyimpanan berbasis flash disk konvensional. Perbedaan kemampuan perangkat keras tersebut dapat menyebabkan variasi performa yang signifikan meskipun menggunakan sistem file yang sama. Wu et al. (2023) menunjukkan bahwa perbedaan teknologi penyimpanan SSD dapat menghasilkan perbedaan besar pada bandwidth baca dan tulis, sehingga evaluasi performa sistem file perlu mempertimbangkan faktor perangkat keras secara menyeluruh.

Pengukuran kinerja sistem file umumnya dilakukan menggunakan metode benchmark untuk memperoleh data mengenai kemampuan baca, tulis, dan waktu akses suatu perangkat penyimpanan. CrystalDiskMark merupakan salah satu perangkat lunak benchmark yang banyak digunakan untuk mengukur performa penyimpanan pada sistem operasi Windows. Perangkat lunak ini melakukan pengujian berdasarkan beberapa pola akses data, yaitu *sequential read/write* dan *random read/write* dengan variasi jumlah antrean serta thread (Skendžić, 2020). Melalui pengujian tersebut, performa sistem file dapat dianalisis berdasarkan kondisi penggunaan yang mendekati aktivitas nyata.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan kajian mengenai perbandingan kinerja sistem file dengan berbagai pendekatan. Rane dan Singh (2024) melakukan analisis terhadap beberapa sistem file dan menemukan bahwa NTFS mampu memberikan peningkatan performa dibandingkan FAT32 pada kondisi tertentu, terutama dalam operasi pengelolaan file dan penulisan data. Selain itu, Rahman et al. (2025) menunjukkan bahwa perbedaan sistem file juga memiliki pengaruh terhadap proses pemulihan data dalam konteks forensik digital. Temuan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik sistem file memiliki peran penting dalam menentukan efisiensi pengelolaan dan akses data.

Dalam penelitian lain, van der Meer et al. (2021) menjelaskan bahwa fragmentasi file pada sistem NTFS dapat memengaruhi pola alokasi data dan efisiensi akses penyimpanan. Sementara itu, Munegowda et al. (2013) menunjukkan bahwa pengembangan sistem file seperti exFAT dilakukan untuk mengatasi keterbatasan FAT32 dalam mendukung media penyimpanan berkapasitas besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa perkembangan sistem file terus dilakukan untuk menyesuaikan kebutuhan teknologi penyimpanan yang semakin kompleks. Oleh karena itu, perbandingan kinerja antara sistem file lama dan modern menjadi relevan untuk mengetahui kemampuan masing-masing dalam penggunaan saat ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja sistem file NTFS pada drive internal dan FAT32 pada perangkat penyimpanan eksternal dalam mengelola akses data pada sistem operasi Windows. Pengujian dilakukan menggunakan CrystalDiskMark dengan empat parameter utama, yaitu SEQ1M Q8T1, SEQ1M Q1T1, RND4K Q32T1, dan RND4K Q1T1. Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif melalui perbandingan nilai rata-rata kecepatan baca dan tulis dari masing-masing sistem file. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran empiris mengenai pengaruh sistem file dan media penyimpanan terhadap performa akses data serta menjadi referensi dalam menentukan konfigurasi penyimpanan yang sesuai.

Tinjauan Pustaka

A. NTFS (New Technology File System)

NTFS dikembangkan oleh Microsoft dan diperkenalkan bersama sistem operasi Windows NT sebagai pengganti FAT yang memiliki keterbatasan signifikan. Arsitektur inti NTFS menggunakan struktur metadata yang

kompleks—termasuk Master File Table (MFT), bitmap, dan transaction log—untuk menyimpan atribut file, deskriptor keamanan, dan catatan perubahan sistem file. Pendekatan ini memungkinkan akses file yang lebih efisien, manajemen file yang lebih canggih, dan toleransi kesalahan yang lebih baik dibandingkan sistem file berbasis tabel alokasi sederhana (Rane & Singh, 2024).

Keunggulan teknis NTFS mencakup dukungan untuk file individual berukuran hingga 16 exabyte, volume hingga 256 terabyte, fitur journaling yang menjaga integritas sistem file saat terjadi kegagalan sistem, enkripsi melalui EFS (Encrypting File System), kompresi file, serta daftar kontrol akses (ACL) yang memungkinkan pengelolaan hak akses secara granular per pengguna dan per grup. NTFS juga mendukung sparse file, yaitu file yang mengandung bagian besar berisi nol yang tidak memerlukan alokasi disk fisik, sehingga menghemat ruang penyimpanan (Karresand et al., 2020).

B. FAT32 (File Allocation Table 32-bit)

FAT32 merupakan evolusi dari keluarga File Allocation Table yang dikembangkan Microsoft untuk mengatasi keterbatasan FAT16. Sistem file ini menggunakan tabel alokasi file (FAT) sebagai mekanisme utama pelacakan lokasi data pada disk, di mana setiap entri dalam tabel merepresentasikan satu kluster pada media penyimpanan. Kesederhanaan strukturnya menjadikan FAT32 sangat kompatibel dengan hampir semua sistem operasi dan perangkat elektronik konsumen, mulai dari Windows, macOS, Linux, konsol game, hingga kamera digital (Rane & Singh, 2024).

Keterbatasan utama FAT32 adalah batas ukuran file maksimum 4 GB yang berasal dari representasi ukuran file 32-bit dalam direktori entry. Selain itu, FAT32 tidak memiliki fitur keamanan bawaan seperti enkripsi atau ACL, dan tidak mendukung journaling sehingga lebih rentan terhadap korupsi data pada saat terjadi kegagalan sistem. Meskipun demikian, FAT32 tetap menjadi pilihan utama untuk flash disk dan kartu memori karena overhead metadata yang rendah dan kompatibilitasnya yang tak tertandingi.

Keunggulan NTFS juga mencakup aspek keamanan sistem file. (Lo et al., 2023) mengidentifikasi sejumlah kerentanan keamanan pada implementasi NTFS3 di Linux, termasuk celah null pointer dereference dan out-of-bounds read yang dapat mengakibatkan kerusakan sistem. Temuan tersebut menegaskan bahwa meskipun NTFS menawarkan mekanisme keamanan yang lebih canggih dibandingkan FAT32, aspek keamanan implementasinya tetap perlu diperhatikan dan diperbarui secara berkala (Lo et al., 2023). Selain itu, (van der Meer et al., 2021) menemukan bahwa NTFS memiliki tingkat fragmentasi file rata-rata 4,4% pada mesin-mesin Windows yang digunakan secara aktif, di mana hampir separuh dari file yang terfragmentasi tersimpan secara out-of-order—suatu karakteristik yang berdampak pada efisiensi akses data dan perlu diperhitungkan dalam evaluasi kinerja sistem file.

Keterbatasan utama FAT32 adalah batas ukuran file maksimum 4 GB yang berasal dari representasi ukuran file 32-bit dalam direktori entry. Selain itu, FAT32 tidak memiliki fitur keamanan bawaan seperti enkripsi atau ACL, dan tidak mendukung journaling sehingga lebih rentan terhadap korupsi data pada saat terjadi kegagalan sistem. Meskipun demikian, FAT32 tetap menjadi pilihan utama untuk flash disk dan kartu memori karena overhead metadata yang rendah dan kompatibilitasnya yang tak tertandingi. Sebagai solusi atas batasan kapasitas FAT32, (Munegowda et al., 2013) mengembangkan ExFAT yang mampu mendukung kapasitas penyimpanan hingga 128 Petabyte dengan mekanisme pencarian kluster berbasis cluster heap yang jauh lebih efisien daripada FAT32, sehingga menghasilkan peningkatan kinerja tulis 90–100 KBps dan peningkatan kinerja baca hingga 40–50 MBps dibandingkan FAT32 pada flash storage (Munegowda et al., 2013). Dari perspektif forensik digital, (Khoirul Anam Dahlan et al., 2024) menemukan bahwa pemulihan file pada SSD berformat NTFS menggunakan metode NIST menunjukkan tingkat keberhasilan yang bervariasi—Autopsy mencapai 94% sementara Foremost hanya 53%—suatu temuan yang menggarisbawahi pentingnya pemilihan sistem file dan alat forensik yang tepat dalam konteks pemulihan data digital.

C. Benchmark Kinerja Sistem File

Evaluasi kinerja sistem file secara empiris umumnya dilakukan menggunakan perangkat lunak benchmark yang mengukur kecepatan baca dan tulis pada berbagai skenario akses data. CrystalDiskMark merupakan salah satu alat benchmark yang paling banyak digunakan dan diakui dalam industri untuk mengukur kinerja penyimpanan pada Windows. Alat ini mengukur kecepatan transfer data dalam satuan MB/s (megabyte per detik) untuk empat pola akses utama: sequential dengan multi-antrian tinggi (Q8T1), sequential dengan antrian tunggal (Q1T1), random 4KB dengan multi-antrian (Q32T1), dan random 4KB dengan antrian tunggal (Q1T1) (Skendzić, 2020)

Performa media penyimpanan, khususnya SSD, turut mempengaruhi hasil benchmark secara signifikan. (Wu et al., 2023) melakukan evaluasi menyeluruh terhadap kluster SSD berbasis Ceph dan menemukan bahwa kluster PCIe SSD menghasilkan bandwidth baca sekuensial 1,3 hingga 1,9 kali lebih tinggi dibandingkan SATA SSD, dan untuk operasi tulis bahkan mencapai 2,5 hingga 7 kali lebih tinggi. Studi tersebut juga menunjukkan bahwa bottleneck jaringan menjadi faktor pembatas utama ketika jumlah proses klien ditingkatkan—wawasan yang relevan untuk memahami mengapa perbandingan kinerja antar konfigurasi penyimpanan harus mempertimbangkan faktor media secara holistik (Wu et al., 2023). Di sisi lain, (Sterniczuk, 2022) membandingkan sistem file EXT4 dan NTFS secara langsung pada Ubuntu menggunakan SSD yang sama dan menemukan bahwa EXT4 secara konsisten lebih efisien dalam operasi penyalinan file di semua ukuran file yang diuji, meskipun NTFS tetap kompetitif pada transfer file berukuran sangat besar.

Penelitian oleh (Rane & Singh, 2024) menggunakan pendekatan serupa dan menemukan bahwa pada kondisi pengujian tertentu, NTFS dapat memberikan peningkatan kinerja rata-rata hingga 19% dibandingkan FAT32, dan bahkan hingga 40% untuk operasi penulisan file kecil dalam jumlah besar pada USB3 flash disk. Sementara itu, (Rahman et al., 2025) menemukan bahwa perbedaan karakteristik sistem file juga berdampak signifikan pada efisiensi pemulihan data dalam konteks forensik digital, di mana NTFS unggul dalam jumlah file yang berhasil dipulihkan berkat kemampuan pengelolaan metadatanya.

(Rahman et al., 2025) dalam analisis komparatif mereka menegaskan bahwa perbedaan kinerja antar sistem file tidak dapat dievaluasi secara terisolasi dari faktor media penyimpanan. SSD NVMe yang menjalankan NTFS akan memiliki profil kinerja yang sangat berbeda dibandingkan flash disk konvensional yang menggunakan FAT32, sehingga eksperimen yang membandingkan keduanya harus mempertimbangkan faktor media penyimpanan sebagai variabel yang mempengaruhi hasil.

2. Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan desain komparatif untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja sistem file NTFS dan FAT32 dalam mengelola akses data pada sistem operasi Windows. Pengujian dilakukan secara sistematis dengan melakukan tiga kali percobaan pada masing-masing konfigurasi sistem file untuk memastikan konsistensi dan keandalan data yang diperoleh.

Perangkat dan Konfigurasi pengujian

Pengujian dilakukan pada dua konfigurasi penyimpanan yang berbeda sebagai representasi penggunaan nyata:

1. NTFS pada Drive Internal (D:) – merepresentasikan sistem file modern pada SSD internal yang umum digunakan sebagai penyimpanan primer pada sistem operasi Windows.
2. FAT32 pada Flash Disk Eksternal (E:) – merepresentasikan sistem file konvensional pada perangkat penyimpanan portabel yang masih sangat umum digunakan oleh pengguna umum.

Instrumen Pengukuran

Perangkat lunak CrystalDiskMark digunakan sebagai instrumen benchmark utama. CrystalDiskMark mengukur kinerja penyimpanan dalam empat skenario akses data yang mencerminkan pola penggunaan nyata:

1. SEQ1M Q8T1 – Sequential read/write 1MB dengan kedalaman antrian 8 dan 1 thread; merepresentasikan transfer file besar berkecepatan tinggi.
2. SEQ1M Q1T1 – Sequential read/write 1MB dengan antrian tunggal; merepresentasikan transfer file besar pada kondisi standar.
3. RND4K Q32T1 – Random read/write 4KB dengan kedalaman antrian 32 dan 1 thread; merepresentasikan akses data acak berkecepatan tinggi seperti pada beban kerja database.

4. ssRND4K Q1T1 – Random read/write 4KB dengan antrian tunggal; merepresentasikan akses data acak pada kondisi beban ringan, seperti membuka dokumen atau file kecil.

Setiap skenario diukur dari sisi kecepatan transfer (MB/s) dan waktu akses (ms). Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali (percobaan ke-1, ke-2, dan ke-3) pada masing-masing konfigurasi untuk memastikan konsistensi hasil, kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari tiga kali percobaan dianalisis menggunakan statistik deskriptif, meliputi nilai rata-rata (mean) untuk setiap parameter pengukuran. Perbandingan dilakukan secara langsung antar kedua sistem file pada setiap skenario benchmark, dengan menghitung selisih dan rasio kinerja untuk memperlihatkan seberapa besar perbedaan yang ada. Hasil disajikan dalam bentuk tabel ringkasan dan analisis naratif komparatif.

3. Hasil dan Pembahasan

Data Hasil Pengujian per Percobaan

Tabel 1 menyajikan data lengkap hasil pengukuran kinerja NTFS pada drive internal (D:) dan FAT32 pada flash disk (E:) untuk setiap percobaan dan setiap skenario benchmark. Data ini merupakan hasil pengukuran primer yang diperoleh langsung dari eksperimen menggunakan CrystalDiskMark.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Benchmark Kinerja NTFS (D:) vs FAT32 (E:) – 3 Percobaan

No.	Parameter	NTFS / Drive D:				FAT32 / Flash Disk E:			
		Read (MB/s)	Time (ms)	Write (MB/s)	Time (ms)	Read (MB/s)	Time (ms)	Write (MB/s)	Time (ms)
1	SEQ1M Q8T1	890.84	0.22	857.76	0.25	39.80	0.26	24.50	0.27
	SEQ1M Q1T1	699.75	0.28	601.62	0.25	39.52	0.25	24.05	0.26
	RND4K Q32T1	193.74	0.25	168.06	0.26	5.63	0.26	2.80	0.26
	RND4K Q1T1	37.64	0.25	51.01	0.23	5.17	0.25	2.62	0.22
2	SEQ1M Q8T1	887.17	0.25	862.01	0.25	39.94	0.26	24.25	0.26
	SEQ1M Q1T1	727.45	0.26	650.59	0.25	39.62	0.26	24.72	0.25
	RND4K Q32T1	219.31	0.25	183.88	0.26	5.67	0.26	2.89	0.26
	RND4K Q1T1	41.72	0.25	54.55	0.20	5.40	0.26	2.72	0.22
3	SEQ1M Q8T1	890.21	0.24	861.38	0.25	39.63	0.25	24.69	0.28
	SEQ1M Q1T1	728.28	0.26	640.35	0.26	39.35	0.26	23.69	0.25
	RND4K Q32T1	216.33	0.25	128.37	0.26	5.57	0.25	2.82	0.26
	RND4K Q1T1	37.09	0.26	45.12	0.21	5.05	0.25	2.67	0.23

Analisis Kinerja Sequential (SEQ1M Q8T1)

Skenario SEQ1M Q8T1 mengukur kecepatan transfer data sekuensial untuk file berukuran 1MB dengan kedalaman antrian 8, yang merepresentasikan kondisi transfer file besar berkecepatan tinggi seperti menyalin video, backup data, atau transfer file multimedia berukuran besar.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa NTFS pada drive D: mencatat kecepatan baca rata-rata 889,41 MB/s dengan waktu akses 0,24 ms, dan kecepatan tulis rata-rata 860,38 MB/s dengan waktu akses 0,25 ms. Angka ini sangat konsisten di ketiga percobaan (890,84 – 887,17 – 890,21 MB/s untuk baca; 857,76 – 862,01 – 861,38 MB/s untuk tulis), menunjukkan stabilitas kinerja yang sangat baik.

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10289>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Sementara itu, FAT32 pada flash disk E: hanya mencatat kecepatan baca rata-rata 39,79 MB/s dan kecepatan tulis 24,48 MB/s. Perbedaan ini sangat mencolok: NTFS mencapai kecepatan baca 22,35 kali lebih tinggi dan kecepatan tulis 35,15 kali lebih tinggi dibandingkan FAT32 pada skenario ini. Perlu dicatat bahwa perbedaan yang sangat besar ini tidak semata-mata disebabkan oleh perbedaan sistem file, melainkan juga sangat dipengaruhi oleh perbedaan media penyimpanan—SSD NVMe pada NTFS vs. flash drive konvensional pada FAT32.

Analisis Kinerja Sequential Standar (SEQ1M Q1T1)

Skenario SEQ1M Q1T1 mengukur transfer sekuensial dengan antrian tunggal, mencerminkan kondisi penggunaan standar sehari-hari untuk transfer file besar. NTFS mencatat kecepatan baca rata-rata 718,49 MB/s dan kecepatan tulis 630,85 MB/s. Terdapat sedikit variasi antar percobaan pada skenario tulis (601,62 – 650,59 – 640,35 MB/s), yang kemungkinan disebabkan oleh variasi beban sistem saat pengujian berlangsung.

FAT32 pada skenario ini mencatat kecepatan baca 39,50 MB/s dan kecepatan tulis 24,15 MB/s, relatif konsisten dengan hasil SEQ1M Q8T1. Hal ini mengindikasikan bahwa kinerja FAT32 pada flash disk tidak banyak dipengaruhi oleh kedalaman antrian, berbeda dengan NTFS pada SSD yang menunjukkan sedikit penurunan kinerja saat antrian dikurangi dari 8 menjadi 1. Ini adalah karakteristik khas SSD modern yang dioptimalkan untuk pemrosesan paralel.

Analisis Kinerja Random 4KB Multi-Antrian (RND4K Q32T1)

Skenario RND4K Q32T1 adalah indikator kinerja yang paling relevan untuk beban kerja sistem operasi, database, dan aplikasi yang melibatkan akses data acak dalam jumlah besar secara bersamaan. NTFS mencatat rata-rata kecepatan baca 209,79 MB/s dan kecepatan tulis 160,10 MB/s, meskipun terdapat variasi yang lebih besar pada sisi tulis (168,06 – 183,88 – 128,37 MB/s) yang mengindikasikan sensitivitas NTFS terhadap kondisi cache dan fragmentasi saat penulisan acak. Hal ini sejalan dengan temuan (van der Meer et al., 2021) yang menunjukkan bahwa pada sistem NTFS yang aktif digunakan, fragmentasi file berdampak pada pola alokasi blok disk dan dapat mempengaruhi kinerja akses acak secara signifikan.

FAT32 pada skenario ini hanya mampu mencatat 5,62 MB/s baca dan 2,84 MB/s tulis, yang merupakan rasio perbedaan terbesar dalam keseluruhan pengujian: NTFS lebih cepat 37,33 kali dalam baca dan 56,37 kali dalam tulis. Kesenjangan yang sangat besar ini mengkonfirmasi bahwa FAT32 pada flash disk konvensional sangat tidak efisien untuk beban kerja yang memerlukan akses data acak dalam jumlah besar, seperti yang umum terjadi dalam operasi sistem operasi modern.

Analisis Kinerja Random 4KB Antrian Tunggal (RND4K Q1T1)

Skenario RND4K Q1T1 mencerminkan kondisi akses data acak pada beban ringan, seperti membuka dokumen, memuat aplikasi, atau mengakses file konfigurasi sistem. Pada skenario ini, NTFS mencatat kecepatan baca rata-rata 38,82 MB/s dan kecepatan tulis 50,23 MB/s. Menariknya, kecepatan tulis (50,23 MB/s) lebih tinggi dari kecepatan baca (38,82 MB/s) pada skenario ini, yang merupakan karakteristik umum SSD modern akibat mekanisme write-combining dan cache buffer tulis.

FAT32 mencatat 5,21 MB/s baca dan 2,67 MB/s tulis. Rasio perbedaan pada skenario ini adalah 7,45 kali untuk baca dan 18,82 kali untuk tulis—lebih kecil dibandingkan skenario Q32T1, namun tetap sangat signifikan. Ini menunjukkan bahwa bahkan untuk akses data sederhana sekalipun, media penyimpanan dan sistem file yang digunakan memberikan dampak yang nyata terhadap kecepatan operasi.

Ringkasan Perbandingan Kinerja

Tabel 2 merangkum rata-rata kinerja dan rasio perbandingan antara NTFS dan FAT32 untuk keempat skenario benchmark, memberikan gambaran menyeluruh tentang perbedaan kinerja kedua konfigurasi.

Tabel 2. Ringkasan Rata-rata Kinerja dan Rasio Perbandingan NTFS vs FAT32

Skenario	NTFS / D: (Rata-rata)		FAT32 / E: (Rata-rata)		Rasio NTFS/FAT32	
	Read (MB/s)	Write (MB/s)	Read (MB/s)	Write (MB/s)	Read	Write
SEQ1M Q8T1	889.41	860.38	39.79	24.48	22.35×	35.15×
SEQ1M Q1T1	718.49	630.85	39.50	24.15	18.19×	26.12×
RND4K Q32T1	209.79	160.10	5.62	2.84	37.33×	56.37×
RND4K Q1T1	38.82	50.23	5.21	2.67	7.45×	18.82×

Dari Tabel 2 terlihat jelas bahwa NTFS pada SSD internal secara konsisten mengungguli FAT32 pada flash disk di semua skenario benchmark. Perbedaan paling signifikan terjadi pada skenario RND4K Q32T1 (akses data acak multi-antrian), di mana NTFS unggul hingga 37,33 kali dalam kecepatan baca dan 56,37 kali dalam kecepatan tulis.

Temuan ini konsisten dengan kajian (Rane & Singh, 2024) yang menyatakan bahwa NTFS memberikan peningkatan kinerja yang substansial dibandingkan FAT32, khususnya pada skenario yang melibatkan penulisan file dalam jumlah besar. Namun perlu ditekankan bahwa hasil ini tidak dapat sepenuhnya diatribusikan pada perbedaan sistem file semata. Media penyimpanan memainkan peran yang sangat dominan: SSD NVMe Gen4 yang menjalankan NTFS memiliki karakteristik latensi dan throughput yang secara inheren jauh lebih tinggi dibandingkan flash disk konvensional yang menjalankan FAT32. Sebagai perbandingan, (Wu et al., 2023) dalam evaluasi kinerja kluster SSD mendapati bahwa perbedaan antarmuka SSD (PCIe vs SATA) saja sudah menghasilkan perbedaan bandwidth tulis sekuensial sebesar 2,5 hingga 7 kali lipat, yang mengkonfirmasi bahwa karakteristik perangkat keras penyimpanan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap hasil benchmark—terlepas dari sistem file yang digunakan. Temuan ini diperkuat oleh (Sterniczuk, 2022) yang membandingkan EXT4 dan NTFS secara langsung pada SSD yang sama dan menyimpulkan bahwa sistem file EXT4 unggul dalam efisiensi penyalinan file, khususnya untuk file berukuran 1 GB ke bawah, meski keduanya menunjukkan kinerja yang setara pada transfer file berukuran sangat besar.

Hal yang menarik adalah waktu akses (time/ms) yang menunjukkan nilai sangat serupa antara NTFS (rata-rata 0,22–0,27 ms) dan FAT32 (rata-rata 0,22–0,28 ms) di semua skenario. Kesamaan waktu akses ini mengindikasikan bahwa overhead metadata sistem file itu sendiri (NTFS vs FAT32) tidak memberikan perbedaan latensi yang signifikan dalam kondisi pengujian ini, dan bahwa throughput yang berbeda lebih dipengaruhi oleh kemampuan media penyimpanan dalam mempertahankan kecepatan transfer berkelanjutan.

Implikasi Praktis

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, beberapa implikasi praktis dapat dirumuskan bagi pengguna dan administrator sistem. Untuk kebutuhan akses data berkecepatan tinggi—seperti pengeditan video, pengolahan dataset besar, atau operasi database—kombinasi NTFS dengan SSD sangat direkomendasikan. Perbedaan kinerja yang mencapai puluhan kali lipat pada operasi acak menjadikan konfigurasi ini jauh superior untuk produktivitas kerja.

Untuk penggunaan flash disk sebagai media penyimpanan portabel dan berbagi file antar perangkat, FAT32 tetap menjadi pilihan yang praktis karena kompatibilitasnya yang universal. Namun, untuk flash disk berkapasitas besar yang memerlukan dukungan file di atas 4 GB, exFAT merupakan alternatif yang lebih tepat. (Munegowda et al., 2013) menunjukkan bahwa ExFAT dirancang khusus untuk menggantikan FAT32 pada media penyimpanan di atas 32 GB dengan mekanisme cluster heap yang mengoptimalkan pencarian kluster bebas, sehingga menghasilkan peningkatan kinerja tulis 90–100 KBps dan kinerja baca 40–50 MBps dibandingkan FAT32 (Munegowda et al.). Dalam konteks forensik digital, (Rahman et al., 2025) menegaskan bahwa pemilihan sistem file juga berdampak pada efektivitas pemulihan data, di mana NTFS memberikan keandalan pemulihan yang lebih tinggi berkat struktur metadatanya yang lebih kaya. Secara lebih spesifik, (Khoirul Anam Dahlan et al., 2024) membuktikan bahwa pada SSD berformat NTFS, proses file carving menggunakan Autopsy berhasil memulihkan 94% file sementara Foremost hanya 53%, yang menegaskan bahwa karakteristik SSD seperti TRIM dan NAND flash menjadi faktor pembatas utama dalam pemulihan data dibandingkan HDD konvensional.

4. Kesimpulan

Simpulan

Penelitian ini berhasil mengevaluasi dan membandingkan kinerja sistem file NTFS pada drive internal (D:) dan FAT32 pada flash disk eksternal (E:) melalui pengujian benchmark menggunakan CrystalDiskMark sebanyak tiga kali percobaan. Beberapa simpulan utama yang dihasilkan adalah:

1. NTFS pada SSD internal mengungguli FAT32 pada flash disk di semua skenario benchmark, dengan rasio kecepatan baca sekuensial rata-rata $22,35\times$ (SEQ1M Q8T1) dan rasio kecepatan baca acak tertinggi mencapai $37,33\times$ (RND4K Q32T1).
2. Waktu akses (latensi dalam ms) dari kedua sistem file menunjukkan nilai yang sangat serupa (0,20–0,28 ms), mengindikasikan bahwa overhead sistem file itu sendiri tidak memberikan perbedaan latensi yang signifikan, dan bahwa perbedaan throughput lebih dipengaruhi oleh kemampuan media penyimpanan.
3. Perbedaan kinerja yang sangat besar tidak semata-mata disebabkan oleh perbedaan sistem file (NTFS vs

FAT32), melainkan merupakan kombinasi dari perbedaan sistem file dan perbedaan media penyimpanan (SSD NVMe vs flash disk konvensional).

4. NTFS direkomendasikan untuk penyimpanan internal yang membutuhkan kecepatan dan keandalan tinggi, sementara FAT32 tetap relevan untuk flash disk portabel dengan kebutuhan kompatibilitas lintas platform.

Saran

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengisolasi variabel media penyimpanan dengan menguji NTFS dan FAT32 pada media yang sama (misalnya, keduanya pada SSD yang sama atau keduanya pada flash disk yang sama) agar dapat mengukur dampak murni dari perbedaan sistem file. Selain itu, pengujian dengan memasukkan exFAT sebagai sistem file ketiga akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif, mengingat exFAT semakin banyak digunakan sebagai sistem file standar untuk flash disk modern berkapasitas besar. Pengujian pada sistem operasi lain seperti Linux atau macOS juga direkomendasikan untuk melihat apakah pola kinerja yang ditemukan bersifat universal atau bergantung pada implementasi sistem operasi tertentu.

Reference

- Aulia, B. W., Rizki, M., Prindiyana, P., & Surgana, S. (2023). Peran Krusial Jaringan Komputer Dan Basis Data Dalam Era Digital. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi*, 1(1), 9–20.
- Barus, E., Pardede, K. M., & Manjorang, J. A. P. B. (2024). Transformasi Digital: Teknologi Cloud Computing Dalam Efisiensi Akuntansi. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(3), 904–911.
- Fawwauzy, Z. R., Albani, T. E., & Rilvani, E. (2025). Perbandingan Teknik Pada Struktur Sistem File Windows & Linux. *Repeater: Publikasi Teknik Informatika Dan Jaringan*, 3(1), 69–79.
- Karresand, M., Axelsson, S., & Dyrkolbotn, G. O. (2020). Disk Cluster Allocation Behavior In Windows And NTFS. *Mobile Networks And Applications*, 25(1), 248–258. <https://doi.org/10.1007/S11036-019-01441-1>
- Khoirul Anam Dahlan, Anton Yudhana, & Herman Yuliansyah. (2024). Analisis File Carving Solid State Drive Menggunakan Metode National Institute Of Standards And Technology. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika Dan Komputer)*, 23(2), 273–280. <https://doi.org/10.53513/Jis.V23i2.9700>
- Lo, E., He, N., Shi, Y., Xu, J., Wu, C., Li, D., & Guo, Y. (2023). Fuzzing The Latest NTFS In Linux With Papara: An Empirical Study. *Proceeding - 44th IEEE Symposium On Security And Privacy Workshops (SPW 2023)*, 326–336. <https://doi.org/10.1109/SPW59333.2023.00034>
- Meiditra, I., Muria, C., & Rahmansyah, R. (2026). *Fundamental Sistem Basis Data Dalam Perancangan Dan Pengelolaan Informasi*. Minhaj Pustaka.
- Munegowda, K., Raju, G. T., & Raju, V. M. (2013). Cluster Allocation Strategies Of The Exfat And FAT File Systems: A Comparative Study In Embedded Storage Systems. *Advances In Intelligent Systems And Computing*, 174 AISC, 691–698. https://doi.org/10.1007/978-81-322-0740-5_82
- Rahman, M. A. K., Prayudi, Y., & Ramadhani, E. (2025). Analisis Perbandingan Jumlah File Carving Untuk Format Ekstensi NTFS, FAT32 Dan EXFAT. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(2), 1969–1973. <https://doi.org/10.54371/Jiip.V8i2.6994>
- Rane, R., & Singh, A. (2024). *Demystifying File Systems: A Comprehensive Exploration Of Data Organization*.
- Rusbarsky, K. L., & City, K. (2012). *A Forensic Comparison Of NTFS And FAT32 File Systems*. Marshall University.
- Salsabilla, N. (2022). Peranan Perangkat Keras (Hardware) Dalam Sistem Informasi Manajemen. *Informasi Manajemen*, 702212214.
- Skendžić, A. (2020). Solid State Disk Drive Synthetic Performances Analysis Of 4th Gen. Nvme Protocol Support. *Analiza Sintetičkih Performansi Solid State Diska S Podrškom Za Nvme Protokol*, 61–67.
- Sterniczuk, B. P. (2022). Comparison Of EXT4 And NTFS Filesystem Performance. *JCSI*, 25, 297–300.
- Van Der Meer, V., Jonker, H., & Van Den Bos, J. (2021). A Contemporary Investigation Of NTFS File Fragmentation. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 38, 301125. <https://doi.org/10.1016/J.Fsidi.2021.301125>
- Wu, J., Wang, Y., Wang, J., Wang, H., & Lin, T. (2023). How Does Solid-State Drives Cluster Perform For Distributed File Systems: An Empirical Study. *Concurrency And Computation: Practice And Experience*, 35(21). <https://doi.org/10.1002/Cpe.7709>