

Analisis Kinerja Algoritma Penjadwalan Disk SSTF Menggunakan Pendekatan Perhitungan Manual dan Simulasi Berbasis Web

Muhammad Agus Firmansyah^{1*}, Firdaus², Akhmad Sayuti³, Nurlista Iryanti⁴

^{1,3,4} Teknik Komputer, Institut Teknologi dan Bisnis (ITB) Bina Sriwijaya Palembang

² Manajemen Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis (ITB) Bina Sriwijaya Palembang

¹tiofirmansyah170802@gmail.com, ²fd34371@gmail.com, ³macesmad@gmail.com, ⁴nurlistairyanti20@gmail.com

Received : 16 Desember 2025

Received in revised from: 22 Desember 2025

Accepted : 8 Februari 2026

Abstract – Disk scheduling algorithms play a crucial role in determining the performance of operating systems, particularly in managing disk input/output requests efficiently. One of the widely studied algorithms is Shortest Seek Time First (SSTF), which prioritizes disk requests based on the minimum seek distance from the current head position. This study aims to analyze the performance of the SSTF disk scheduling algorithm using two different analytical approaches, namely manual calculation and web-based simulation, in order to evaluate their effectiveness, consistency, and applicability under varying levels of problem complexity. The research employed an experimental method involving undergraduate students who implemented the SSTF algorithm using Microsoft Excel for manual calculations and a web-based Disk Scheduling Algorithms Visualizer for simulation. Several datasets with increasing levels of complexity were used to examine total head movement, seek time, and request servicing order. The results indicate that both approaches produce consistent and accurate outcomes for datasets with low to medium complexity. However, as the complexity increases, significant differences emerge in terms of time efficiency, consistency of results, and technical reliability. Manual calculation remains applicable across all datasets but requires more time and is prone to human error, while the web-based simulation offers faster and more consistent results but is limited by technical constraints when handling complex datasets. This study contributes to the field of operating systems by providing a methodological perspective on disk scheduling analysis, emphasizing that the choice of analytical approach significantly affects both the accuracy of performance evaluation and the learning process. The findings highlight the importance of integrating manual and simulation-based approaches to achieve more reliable analysis and effective learning outcomes.

Keywords: disk scheduling, SSTF algorithm, manual calculation, web-based simulation, operating systems.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komputasi dalam beberapa dekade terakhir telah membawa perubahan signifikan terhadap cara sistem komputer mengelola, menyimpan, dan mengakses data. Peningkatan volume data, kompleksitas aplikasi, serta tuntutan terhadap kecepatan dan responsivitas sistem menjadikan kinerja subsistem penyimpanan sebagai salah satu faktor krusial dalam keseluruhan performa sistem komputer. Meskipun teknologi penyimpanan modern seperti *solid-state drive* (SSD) dan NVMe terus berkembang, perangkat penyimpanan berbasis disk magnetik masih banyak digunakan, khususnya dalam lingkungan pendidikan, laboratorium akademik, serta sistem berskala menengah yang mengutamakan efisiensi biaya. Oleh karena itu, mekanisme pengelolaan akses *disk* tetap menjadi topik penting dalam kajian sistem operasi dan rekayasa sistem komputer (Teorey and Pinkerton, 1972; Khuhro et al., 2021).

Dalam sistem operasi, proses akses disk tidak terjadi secara acak, melainkan diatur melalui algoritma penjadwalan disk yang bertujuan untuk menentukan urutan pelayanan permintaan input/output (I/O). Algoritma penjadwalan disk berfungsi mengoptimalkan pergerakan head disk agar waktu pencarian (seek time) dapat diminimalkan dan *throughput* sistem dapat ditingkatkan. Berbagai algoritma klasik telah dikembangkan untuk tujuan tersebut, antara lain *First Come First Served* (FCFS), *Shortest Seek Time First* (SSTF), SCAN, C-SCAN, LOOK, dan C-LOOK. Setiap algoritma memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan yang berbeda dalam menghadapi pola permintaan disk tertentu (Teorey and Pinkerton, 1972; Science and Science, 2015).

Di antara algoritma-algoritma tersebut, SSTF merupakan salah satu algoritma yang paling banyak dikaji dan digunakan dalam pembelajaran sistem operasi. Algoritma ini bekerja dengan memilih permintaan disk yang

memiliki jarak terpendek dari posisi head saat ini, sehingga secara teoretis mampu mengurangi total pergerakan head dibandingkan algoritma FCFS. Dengan berkurangnya pergerakan head, waktu akses data dapat ditekan dan efisiensi sistem meningkat ([Science and Science, 2015](#)). Namun demikian, SSTF juga memiliki kelemahan, seperti potensi terjadinya starvation pada permintaan yang berada jauh dari posisi head. Meskipun demikian, dari sudut pandang edukatif dan analitis, SSTF tetap menjadi algoritma yang relevan karena logikanya yang relatif sederhana dan mudah dianalisis secara kuantitatif ([Khuhro et al., 2021](#)).

Seiring berkembangnya sistem komputasi modern, kajian mengenai algoritma penjadwalan tidak hanya terbatas pada hard disk tradisional, tetapi juga meluas pada sistem penyimpanan berperforma tinggi dan terdistribusi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa karakteristik perangkat penyimpanan modern, seperti NVMe dengan *Zoned Namespaces* (ZNS), memiliki pola akses yang berbeda dan menuntut pendekatan analisis kinerja yang lebih mendalam ([Doekemeijer et al., 2023](#)). Selain itu, optimasi akses data juga menjadi perhatian pada level aplikasi, misalnya melalui penerapan sistem cache berbasis in-memory untuk meningkatkan kecepatan akses data pada aplikasi web ([Pramudia, Zulfa and Aliim, 2025](#)). Kondisi ini menunjukkan bahwa pemahaman terhadap konsep dasar penjadwalan disk tetap penting sebagai fondasi sebelum mempelajari teknik optimasi lanjutan pada sistem penyimpanan modern.

Dalam konteks pendidikan tinggi, khususnya pada mata kuliah sistem operasi dan manajemen sistem komputer, algoritma penjadwalan disk menjadi salah satu materi inti yang harus dikuasai mahasiswa. Pembelajaran algoritma ini umumnya dilakukan melalui pendekatan teoretis dan perhitungan manual untuk membantu mahasiswa memahami mekanisme kerja algoritma secara bertahap. Pendekatan manual dinilai efektif dalam menanamkan pemahaman konseptual, karena mahasiswa dapat mengamati secara langsung bagaimana setiap keputusan algoritma memengaruhi urutan layanan dan total pergerakan *head disk* ([Amanda Putri, 2021](#)). Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan, terutama ketika jumlah permintaan disk meningkat dan dataset menjadi lebih kompleks. Pada kondisi tersebut, perhitungan manual menjadi lebih memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan manusia.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, berbagai alat bantu pembelajaran berbasis perangkat lunak dan simulasi telah dikembangkan. Simulasi algoritma sistem operasi memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan proses penjadwalan secara dinamis, sehingga membantu pemahaman konsep dan mempercepat proses analisis. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan simulator dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran dan membantu mahasiswa mengaitkan teori dengan praktik ([Oliveira Cruz, Alves de Jesus and Pio Marques Filho, 2023](#)). Simulator juga banyak digunakan dalam penelitian untuk menganalisis dan membandingkan kinerja berbagai algoritma penjadwalan disk secara lebih cepat dan sistematis ([Putri, Djuniadi and Rochim, 2025](#)).

Namun demikian, penggunaan simulasi berbasis web atau perangkat lunak tidak sepenuhnya bebas dari permasalahan. Beberapa studi menunjukkan bahwa hasil simulasi sangat bergantung pada implementasi algoritma di dalam sistem, asumsi yang digunakan, serta stabilitas teknis dari aplikasi tersebut ([Performance Analysis of Disk Scheduling Algorithms Using Simulation Approach, 2021](#)). Ketidakesuaian implementasi atau gangguan teknis dapat menghasilkan output yang berbeda dari perhitungan teoretis, terutama pada dataset dengan tingkat kompleksitas tinggi. Oleh karena itu, penggunaan simulasi sebagai satu-satunya acuan analisis berpotensi menimbulkan bias jika tidak disertai dengan validasi manual.

Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu lebih menekankan pada perbandingan kinerja antaralgoritma penjadwalan disk, seperti perbandingan antara FCFS, SSTF, SCAN, dan LOOK, tanpa mengkaji secara mendalam perbedaan pendekatan analisis yang digunakan. Padahal, metode analisis baik manual maupun simulasi dapat memengaruhi tingkat akurasi hasil, pemahaman pengguna, serta efektivitas pembelajaran. Kajian literatur menunjukkan bahwa penelitian yang mengaitkan aspek teknis algoritma dengan pengalaman pengguna, khususnya mahasiswa sebagai pembelajar pemula, masih relatif terbatas ([Khuhro et al., 2021](#); [Amanda Putri, 2021](#)).

Di sisi lain, perkembangan sistem informasi berbasis web dan digitalisasi proses bisnis menunjukkan bahwa keandalan sistem sangat bergantung pada ketepatan pengelolaan data dan proses komputasi di belakang layar. Implementasi sistem informasi berbasis web, baik dalam konteks usaha jasa maupun pengelolaan arsip digital, membutuhkan pemahaman yang baik terhadap mekanisme akses data dan efisiensi sistem ([Taqwiym and Satria, 2025](#); [Taqwiym, 2025](#)). Hal ini menegaskan bahwa pemahaman algoritma dasar sistem operasi, termasuk

penjadwalan disk, tidak hanya relevan secara akademik, tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam pengembangan dan pengelolaan sistem informasi modern.

Selain itu, penelitian terkait manajemen proses dan multitasking pada sistem operasi menunjukkan bahwa kinerja subsistem I/O berkontribusi langsung terhadap responsivitas sistem secara keseluruhan (Malik et al., 2024). Hal yang sama juga terlihat pada sistem operasi *mobile* dan *Internet of Things* (IoT), di mana algoritma penjadwalan berperan penting dalam memastikan proses berjalan secara efisien dan *real-time* (Hayatunnufus, Riasetiawan and Ashari, 2020; Rakhmadi Rahman et al., 2024). Dengan demikian, pemahaman menyeluruh mengenai algoritma penjadwalan disk tetap menjadi landasan penting dalam kajian sistem operasi lintas platform.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat kebutuhan akan penelitian yang tidak hanya membahas kinerja algoritma SSTF secara teoretis, tetapi juga menganalisis bagaimana metode perhitungan yang berbeda memengaruhi hasil analisis dan pemahaman pengguna. Perbandingan antara perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel dan simulasi berbasis web menjadi penting untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai keandalan, akurasi, serta efektivitas masing-masing pendekatan. Pendekatan manual menawarkan ketelitian dan transparansi proses, sedangkan simulasi web memberikan efisiensi waktu dan visualisasi yang lebih intuitif (Putri, Djuniadi and Rochim, 2025; Oliveira Cruz, Alves de Jesus and Pio Marques Filho, 2023).

Penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan menganalisis kinerja algoritma SSTF melalui dua pendekatan yang berbeda dan membandingkan hasilnya pada berbagai tingkat kompleksitas permintaan disk. Dengan melibatkan mahasiswa sebagai subjek penelitian, studi ini juga mengevaluasi pengalaman pengguna secara langsung, termasuk tingkat kesulitan, preferensi metode, serta kendala teknis yang dihadapi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik dalam bentuk pemahaman yang lebih mendalam mengenai penerapan algoritma SSTF, sekaligus kontribusi praktis bagi pengembangan metode pembelajaran dan modul praktikum sistem operasi.

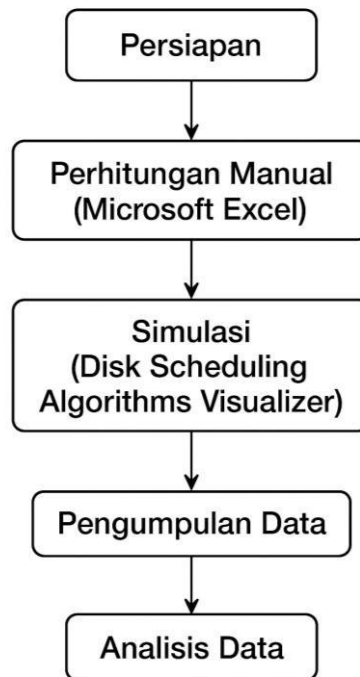
Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya relevan dalam konteks kajian algoritma penjadwalan disk, tetapi juga memiliki implikasi yang lebih luas terhadap pengembangan sistem informasi, optimasi kinerja sistem komputer, serta peningkatan kualitas pembelajaran di bidang teknologi informasi. Pendekatan komparatif yang digunakan diharapkan mampu menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan memberikan dasar yang kuat bagi pemilihan metode analisis algoritma yang lebih tepat dan andal.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif dengan desain komparatif, yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja algoritma penjadwalan *disk Shortest Seek Time First* (SSTF) melalui dua metode perhitungan yang berbeda, yaitu perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel dan simulasi berbasis web menggunakan *Disk Scheduling Algorithms Visualizer*. Pendekatan eksperimen dipilih karena memungkinkan peneliti mengamati secara langsung perilaku algoritma SSTF dalam kondisi terkontrol dan terukur, sementara pendekatan komparatif digunakan untuk menilai tingkat kesesuaian, perbedaan hasil, serta keandalan masing-masing metode analisis (Teorey and Pinkerton, 1972; Khuhro et al., 2021).

Desain Penelitian

Desain penelitian ini bersifat eksperimen terkontrol, di mana seluruh variabel input berupa dataset permintaan disk dibuat sama untuk kedua metode yang diuji. Dengan demikian, perbedaan hasil yang muncul dapat diatribusikan pada perbedaan metode perhitungan, bukan pada variasi data. Penelitian dirancang untuk membandingkan keluaran algoritma SSTF berdasarkan beberapa parameter kinerja utama, yaitu urutan layanan permintaan disk, total pergerakan *head* (*head movement*), dan total serta rata-rata *seek time*. Parameter-parameter tersebut dipilih karena merupakan indikator utama dalam evaluasi kinerja algoritma penjadwalan disk sebagaimana digunakan dalam berbagai penelitian terdahulu (Science and Science, 2015; Performance Analysis of Disk Scheduling Algorithms Using Simulation Approach, 2021).



Gambar 1 Tahapan Pengumpulan Data Simulasi

Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah 20 mahasiswa Program Studi Manajemen Informatika, yang dipilih sebagai representasi pengguna pemula hingga menengah dalam memahami dan menerapkan algoritma penjadwalan disk. Pemilihan mahasiswa sebagai subjek penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa algoritma SSTF merupakan materi inti dalam mata kuliah sistem operasi, sehingga mahasiswa memiliki latar belakang teoretis yang relatif beragam. Selain itu, keterlibatan mahasiswa memungkinkan penelitian ini tidak hanya mengevaluasi aspek teknis algoritma, tetapi juga menilai efektivitas metode analisis dari sudut pandang pembelajaran (Amanda Putri, 2021; Oliveira Cruz, Alves de Jesus and Pio Marques Filho, 2023).

Komposisi subjek terdiri dari 8 mahasiswa perempuan dan 12 mahasiswa laki-laki. Seluruh peserta telah memperoleh materi dasar mengenai algoritma penjadwalan disk sebelum pelaksanaan eksperimen, sehingga diasumsikan memiliki pemahaman awal yang memadai mengenai konsep SSTF.

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah algoritma penjadwalan disk *Shortest Seek Time First* (SSTF). Algoritma SSTF dipilih karena masih banyak digunakan dalam pembelajaran sistem operasi dan sering dijadikan referensi dalam penelitian komparatif algoritma penjadwalan disk. Selain itu, SSTF memiliki karakteristik yang relatif sederhana namun cukup representatif untuk dianalisis secara manual maupun melalui simulasi (Khuhro et al., 2021).

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu:

1. Variabel bebas, berupa metode perhitungan algoritma SSTF, yang terdiri dari:
 - a. Perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel
 - b. Simulasi berbasis web menggunakan *Disk Scheduling Algorithms Visualizer*
2. Variabel terikat, berupa hasil kinerja algoritma SSTF yang diukur melalui:
 - a. Urutan layanan permintaan disk
 - b. Total pergerakan *head*
 - c. Total dan rata-rata *seek time*

3. Variabel kontrol, berupa *dataset* permintaan *disk*, posisi awal *head*, dan rentang *track disk*, yang dibuat sama untuk seluruh subjek dan metode.

Dataset dan Skenario Pengujian

Untuk menguji kinerja algoritma SSTF secara komprehensif, penelitian ini menggunakan empat set dataset dengan tingkat kompleksitas yang berbeda, yaitu tingkat dasar, menengah, lanjut, dan kompleks. Setiap dataset dirancang untuk merepresentasikan kondisi permintaan disk yang semakin padat dan bervariasi, baik dari segi jumlah request, rentang track, maupun posisi awal head.

Penyusunan dataset bertujuan untuk mengamati bagaimana kinerja algoritma SSTF dan metode perhitungannya berubah seiring meningkatnya kompleksitas permasalahan. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya variasi skenario dalam evaluasi algoritma penjadwalan disk (Putri, Djuniadi and Rochim, 2025).

Tabel 1 Soal Simulasi

Tingkat Kesulitan	Jumlah Request	Rentang Track	Posisi Awal Head	Daftar Request
1 Dasar (Mudah)	5	0 – 199	50	45, 70, 10, 90, 30
2 Menengah	7	0 – 199	82	40, 10, 150, 35, 120, 90, 60
3 Lanjut	10	0 – 299	125	180, 30, 220, 90, 150, 50, 250, 110, 60, 200
4 Mahir (Kompleks)	12	0 – 499	400	10, 22, 40, 120, 350, 370, 410, 480, 490, 20, 300, 450

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Microsoft Excel, yang digunakan sebagai alat bantu perhitungan manual. Excel dipilih karena memiliki kemampuan pengolahan data numerik yang baik, mudah diakses, dan umum digunakan dalam kegiatan pembelajaran dan praktikum.
2. Disk Scheduling Algorithms Visualizer, yaitu simulator berbasis web yang digunakan untuk mensimulasikan algoritma SSTF secara otomatis dan visual.
3. Lembar instruksi praktikum, yang berisi panduan langkah-langkah perhitungan manual dan penggunaan simulator.
4. Lembar pengumpulan data, yang digunakan untuk mencatat hasil perhitungan manual dan simulasi web dari setiap peserta.

Penggunaan kombinasi instrumen ini memungkinkan peneliti melakukan verifikasi silang terhadap hasil perhitungan serta mengevaluasi keandalan masing-masing metode (Oliveira Cruz, Alves de Jesus and Pio Marques Filho, 2023).

Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis. Tahap pertama adalah persiapan, yang meliputi penyusunan dataset, pembuatan template Excel, serta penyusunan panduan penggunaan simulator. Tahap kedua adalah pelaksanaan eksperimen, di mana setiap mahasiswa diminta mengerjakan seluruh dataset menggunakan dua metode yang berbeda.

Pada perhitungan manual, mahasiswa menghitung jarak antara posisi head dan setiap permintaan disk, menentukan permintaan dengan jarak terpendek sesuai prinsip SSTF, serta menghitung total pergerakan head dan *seek time* secara bertahap. Proses ini dilakukan hingga seluruh permintaan *disk* terlayani. Pendekatan manual ini memungkinkan mahasiswa memahami logika algoritma secara rinci, sebagaimana disarankan dalam pembelajaran sistem operasi (Amanda Putri, 2021).

Pada simulasi berbasis web, mahasiswa memasukkan dataset yang sama ke dalam *Disk Scheduling Algorithms Visualizer* dan mencatat output yang dihasilkan. Simulator secara otomatis menentukan urutan layanan dan menghitung total pergerakan *head*. Tahap ketiga adalah pengumpulan data, di mana seluruh hasil dari kedua metode dikompilasi untuk dianalisis lebih lanjut.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif dan komparatif kuantitatif. Data hasil perhitungan manual dan simulasi web dibandingkan untuk menilai tingkat kesesuaian urutan layanan, selisih total pergerakan *head*, dan perbedaan *seek time*. Selisih hasil dianalisis untuk mengidentifikasi potensi kesalahan perhitungan manual, keterbatasan simulator, atau perbedaan interpretasi algoritma oleh pengguna.

Selain itu, analisis juga mempertimbangkan pengalaman pengguna, seperti waktu pengerjaan dan tingkat kesulitan yang dirasakan mahasiswa. Aspek ini penting untuk mengevaluasi efektivitas metode analisis sebagai media pembelajaran, sebagaimana disarankan dalam penelitian terkait simulasi sistem operasi (Oliveira Cruz, Alves de Jesus and Pio Marques Filho, 2023).

Validitas dan Keandalan Data

Untuk menjaga validitas data, penelitian ini menggunakan dataset yang sama untuk seluruh metode dan subjek, serta melakukan verifikasi silang antara hasil manual dan simulasi. Keandalan hasil juga diperkuat dengan melibatkan lebih dari satu subjek pada setiap skenario, sehingga pola hasil dapat diamati secara konsisten. Pendekatan ini sejalan dengan praktik evaluasi algoritma penjadwalan disk dalam penelitian terdahulu (Performance Analysis of Disk Scheduling Algorithms Using Simulation Approach, 2021). Data yang dikumpulkan bersifat anonim dan hanya digunakan untuk kepentingan akademik. Pendekatan ini sejalan dengan praktik penelitian dalam konteks pendidikan dan pengembangan sistem informasi (Taqwiym, 2025; Taqwiym and Satria, 2025).

Hasil

Hasil penelitian ini diperoleh dari pelaksanaan eksperimen yang melibatkan 20 mahasiswa Program Studi Manajemen Informatika dalam menerapkan algoritma penjadwalan *disk Shortest Seek Time First* (SSTF) menggunakan dua pendekatan, yaitu perhitungan manual berbasis Microsoft Excel dan simulasi berbasis web menggunakan *Disk Scheduling Algorithms Visualizer*. Seluruh peserta mengerjakan empat set dataset permintaan disk dengan tingkat kompleksitas yang berbeda, sehingga memungkinkan analisis kinerja algoritma SSTF secara bertahap dari kondisi sederhana hingga kompleks.

Hasil Perhitungan pada Dataset Tingkat Dasar

Pada dataset tingkat dasar, yang terdiri dari jumlah permintaan *disk* relatif sedikit dan rentang *track* yang terbatas, hasil perhitungan menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat tinggi antara metode manual dan simulasi berbasis web. Seluruh mahasiswa berhasil menentukan urutan layanan permintaan *disk* yang sama pada kedua metode. Total pergerakan *head* dan nilai *seek time* yang dihasilkan juga identik atau memiliki selisih yang sangat kecil, yang secara praktis dapat diabaikan.

Waktu pengerjaan pada tahap ini menunjukkan perbedaan yang cukup jelas. Perhitungan manual membutuhkan waktu rata-rata sekitar 3 menit per mahasiswa, sedangkan simulasi web hanya membutuhkan waktu sekitar 1 menit. Meskipun demikian, sebagian mahasiswa tetap memilih perhitungan manual karena merasa lebih mudah memahami alur algoritma dan langkah-langkah pengambilan keputusan SSTF pada dataset yang sederhana. Temuan ini menunjukkan bahwa pada tingkat kompleksitas rendah, kedua metode sama-sama efektif dalam menghasilkan hasil yang akurat.

Tabel 2 Hasil Perhitungan & Preferensi Mahasiswa (20 Mahasiswa)

Tingkat Kesulitan	Metode yang Dipilih Mahasiswa	Alasan Utama Pilihan	Jumlah Mahasiswa (n=20)	Rata-rata Waktu Pengerjaan
Dasar (Mudah)	Manual (Excel)	Rumus sederhana, mudah diterapkan	12 mahasiswa	Manual: ± 3 menit
	Simulasi Web	Web lebih cepat dan otomatis	8 mahasiswa	Web: ± 1 menit
Menengah	Manual (Excel)	Mahasiswa terbiasa dengan proses pengurutan sederhana	11 mahasiswa	Manual: ± 5 menit
	Simulasi Web	Web menghitung lebih cepat, meski tidak wajib	9 mahasiswa	Web: ± 2 menit
Lanjut	Manual (Excel)	Web gagal menghasilkan output, manual tetap bisa meski lebih lambat	20 mahasiswa	Manual: ± 8 menit
	Simulasi Web	Tidak bisa digunakan (error)	0 mahasiswa	Web: — (error)
Mahir (Kompleks)	Manual (Excel)	Web gagal menghasilkan output, manual tetap bisa meski lebih lambat dan lama	19 mahasiswa	Manual: ± 12 menit
	Simulasi Web	Error pada web	0 mahasiswa	Web: — (error)

Hasil Perhitungan pada Dataset Tingkat Menengah

Pada dataset tingkat menengah, jumlah permintaan disk meningkat dan variasi jarak antar track menjadi lebih beragam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih mampu menghasilkan urutan layanan SSTF yang konsisten antara perhitungan manual dan simulasi web. Total pergerakan *head* dan *seek time* yang dihasilkan oleh kedua metode tetap menunjukkan kesesuaian yang tinggi, meskipun pada beberapa kasus ditemukan selisih kecil akibat kesalahan penjumlahan atau pemilihan urutan pada perhitungan manual.

Waktu pengerjaan manual pada tingkat ini meningkat menjadi rata-rata sekitar 5 menit, sedangkan simulasi web tetap berada pada kisaran 1–2 menit. Beberapa mahasiswa mulai menunjukkan preferensi terhadap simulasi web karena kecepatan dan kemudahan penggunaan, terutama ketika harus menghitung jarak antar *track* yang lebih banyak. Namun demikian, perhitungan manual masih dianggap relevan sebagai sarana untuk memahami logika algoritma secara lebih mendalam.

Hasil Perhitungan pada Dataset Tingkat Lanjut

Perubahan signifikan mulai terlihat pada *dataset* tingkat lanjut, yang memiliki jumlah permintaan *disk* lebih banyak dan rentang *track* yang lebih luas. Pada tahap ini, simulasi berbasis web mengalami kegagalan sistem dan tidak mampu menghasilkan *output* perhitungan. Akibatnya, seluruh mahasiswa terpaksa menggunakan metode perhitungan manual untuk menyelesaikan *dataset* ini.

Meskipun metode manual tetap mampu menghasilkan *output*, waktu pengerjaan meningkat secara signifikan menjadi rata-rata sekitar 8 menit per mahasiswa. Selain itu, variasi hasil mulai terlihat, terutama pada urutan layanan permintaan disk. Beberapa mahasiswa menghasilkan urutan yang berbeda meskipun total pergerakan *head* yang diperoleh relatif mendekati. Variasi ini umumnya terjadi pada kondisi di mana terdapat dua atau lebih permintaan *disk* dengan jarak yang sama dari posisi *head* saat ini, sehingga keputusan pemilihan urutan bergantung pada interpretasi masing-masing mahasiswa.

Temuan ini menunjukkan bahwa pada *dataset* dengan kompleksitas tinggi, metode manual masih mampu memberikan hasil, namun konsistensi antar pengguna mulai menurun dan risiko kesalahan meningkat. Ketiadaan hasil dari simulasi web pada tahap ini juga menjadi temuan penting yang memengaruhi kelancaran proses analisis.

Hasil Perhitungan pada Dataset Tingkat Kompleks

Pada *dataset* tingkat kompleks, yang memiliki jumlah permintaan terbanyak dan rentang *track* paling luas, kondisi yang serupa dengan dataset tingkat lanjut kembali terjadi. Simulasi berbasis web tidak dapat digunakan karena mengalami *error*, sehingga hampir seluruh mahasiswa mengandalkan perhitungan manual. Waktu pengerjaan pada tahap ini menjadi yang paling lama, dengan rata-rata mencapai 12 menit.

Variasi hasil semakin terlihat pada *dataset* ini. Meskipun sebagian besar mahasiswa masih mampu menyelesaikan perhitungan hingga akhir, perbedaan urutan layanan dan selisih total pergerakan *head* menjadi lebih sering muncul. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kompleksitas *dataset* berpengaruh langsung terhadap konsistensi hasil perhitungan manual, terutama ketika jumlah langkah perhitungan semakin banyak dan proses pengambilan keputusan harus dilakukan berulang kali.

Perbandingan Kinerja Metode Manual dan Simulasi Web

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi berbasis web unggul dari segi kecepatan dan konsistensi hasil pada dataset tingkat dasar dan menengah. Metode ini mampu menghasilkan *output* secara otomatis tanpa kesalahan perhitungan, sehingga sangat efektif untuk mempercepat proses analisis. Namun, keunggulan tersebut tidak dapat dimanfaatkan pada *dataset* tingkat lanjut dan kompleks karena keterbatasan teknis simulator.

Sebaliknya, metode perhitungan manual menunjukkan fleksibilitas yang lebih tinggi karena dapat digunakan pada seluruh tingkat kompleksitas *dataset*. Meskipun membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama dan berisiko menghasilkan variasi hasil antar pengguna, metode manual tetap mampu memberikan output yang lengkap dan dapat ditelusuri langkah-langkahnya. Hal ini menjadikan metode manual sebagai pendekatan yang andal ketika simulasi berbasis web tidak dapat digunakan.

Tabel 3 Analisis Kecepatan, Akurasi, dan Tingkat Kesulitan

Kriteria Penilaian	Soal 1–2 (Manual Excel)	Soal 3–4 (Simulasi Web)	Kesimpulan
Kecepatan Pengerjaan	3–8 menit	1–2 menit	Web paling cepat pada soal sederhana–menengah, tetapi tidak dapat digunakan pada soal kompleks
Akurasi	Tingkat error rendah ($\pm 5\text{--}10\%$)	Tidak dapat digunakan (error)	Akurasi web tinggi, namun manual tetap andal ketika web mengalami error
Kemudahan Penggunaan	Lebih mudah untuk dataset kecil	Lebih mudah untuk dataset besar	Kemudahan sangat dipengaruhi kondisi teknis alat; web ideal jika berfungsi normal
Pemahaman Algoritma SSTF	Membantu memahami konsep prioritas jarak	Web gagal memvisualisasikan karena error	Manual meningkatkan pemahaman, tetapi web berpotensi lebih baik jika tidak error
Tingkat Kesulitan yang Dirasakan Mahasiswa	Rendah	Tinggi jika manual	Error pada web meningkatkan tingkat kesulitan mahasiswa pada soal 3–4

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa preferensi mahasiswa terhadap metode perhitungan dipengaruhi oleh tingkat kompleksitas *dataset* dan kondisi teknis alat yang digunakan. Pada *dataset* sederhana hingga menengah, mahasiswa terbagi antara metode manual dan simulasi web, dengan kecenderungan meningkatnya penggunaan simulasi web seiring bertambahnya kompleksitas. Namun, pada *dataset* lanjut dan kompleks, seluruh mahasiswa menggunakan metode manual karena tidak tersedianya alternatif lain.

Mahasiswa melaporkan bahwa simulasi web memberikan pengalaman yang lebih cepat dan praktis, sedangkan perhitungan manual membantu mereka memahami alur algoritma secara lebih mendalam. Namun, pada *dataset* kompleks, perhitungan manual dirasakan lebih melelahkan dan meningkatkan risiko kesalahan, terutama ketika harus melakukan pengurutan ulang permintaan *disk* berkali-kali.

Pembahasan

Pembahasan dalam penelitian ini diarahkan untuk menelaah makna dari temuan empiris yang diperoleh melalui penerapan algoritma penjadwalan *disk Shortest Seek Time First* (SSTF) menggunakan dua pendekatan analisis yang berbeda, yaitu perhitungan manual dan simulasi berbasis web. Fokus utama pembahasan bukan pada perbandingan angka atau pengulangan hasil kuantitatif, melainkan pada pemahaman lebih mendalam mengenai bagaimana kedua pendekatan tersebut bekerja dalam konteks

nyata, bagaimana tingkat kompleksitas memengaruhi efektivitas metode, serta apa implikasi temuan tersebut terhadap pembelajaran dan analisis algoritma sistem operasi.

Salah satu poin penting yang dapat dibahas dari temuan penelitian ini adalah bahwa efektivitas suatu metode analisis algoritma tidak bersifat absolut, melainkan sangat kontekstual. Pada kondisi permasalahan yang sederhana, baik perhitungan manual maupun simulasi berbasis web mampu memberikan hasil yang konsisten dan mudah dipahami. Hal ini menunjukkan bahwa pada tingkat kompleksitas rendah, logika dasar SSTF dapat diimplementasikan secara relatif stabil oleh berbagai pendekatan, sehingga perbedaan metode tidak memberikan dampak signifikan terhadap kualitas hasil analisis. Dalam konteks ini, pilihan metode lebih ditentukan oleh preferensi pengguna dan tujuan pembelajaran daripada oleh kebutuhan teknis.

Namun, ketika tingkat kompleksitas permasalahan meningkat, perbedaan karakteristik kedua metode menjadi semakin nyata. Perhitungan manual, yang pada awalnya berfungsi sebagai sarana pembelajaran konseptual, berubah menjadi proses yang menuntut ketelitian tinggi dan konsentrasi berkelanjutan. Setiap langkah perhitungan harus dilakukan secara berurutan, dan kesalahan kecil pada satu tahap dapat berdampak pada keseluruhan hasil. Kondisi ini memperlihatkan bahwa metode manual memiliki keterbatasan inheren ketika dihadapkan pada permasalahan berskala besar, terutama dari sisi efisiensi waktu dan konsistensi hasil antar pengguna.

Di sisi lain, simulasi berbasis web secara konseptual dirancang untuk mengatasi keterbatasan tersebut dengan mengotomatisasi proses perhitungan dan visualisasi. Dalam kondisi ideal, simulasi seharusnya mampu menangani permasalahan kompleks dengan lebih cepat dan konsisten dibandingkan perhitungan manual. Namun, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa keandalan simulasi sangat bergantung pada stabilitas teknis dan ketepatan implementasi algoritma di dalam sistem. Ketika simulator tidak mampu menangani beban perhitungan atau mengalami gangguan teknis, keunggulan metode ini tidak dapat dimanfaatkan sama sekali. Hal ini mengindikasikan bahwa simulasi bukanlah solusi yang sepenuhnya menggantikan perhitungan manual, melainkan alat bantu yang memiliki prasyarat teknis tertentu.

Pembahasan ini mengarah pada pemahaman bahwa perhitungan manual dan simulasi berbasis web memiliki peran yang saling melengkapi, bukan saling menggantikan. Perhitungan manual unggul dalam hal transparansi proses dan pemahaman konseptual. Setiap keputusan algoritma dapat ditelusuri secara jelas, sehingga pengguna dapat memahami alasan di balik urutan layanan yang dihasilkan. Sementara itu, simulasi unggul dalam efisiensi dan konsistensi, terutama ketika permasalahan dapat diproses secara stabil oleh sistem. Dengan demikian, kombinasi kedua pendekatan dapat memberikan hasil analisis yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan salah satu metode secara terpisah.

Dari sudut pandang pembelajaran, temuan ini memiliki implikasi yang signifikan. Penggunaan perhitungan manual pada tahap awal pembelajaran membantu mahasiswa membangun pemahaman mendasar mengenai cara kerja algoritma SSTF. Mahasiswa tidak hanya mengetahui hasil akhir, tetapi juga memahami proses pengambilan keputusan yang terjadi pada setiap langkah algoritma. Namun, jika metode manual digunakan secara eksklusif pada permasalahan yang kompleks, terdapat risiko bahwa fokus pembelajaran bergeser dari pemahaman konsep menjadi sekadar menyelesaikan perhitungan. Kondisi ini dapat mengurangi efektivitas pembelajaran karena mahasiswa lebih banyak berkutat pada aspek teknis perhitungan daripada memahami prinsip algoritmik.

Sebaliknya, penggunaan simulasi berbasis web pada tahap lanjut pembelajaran dapat membantu mahasiswa memfokuskan perhatian pada analisis perilaku algoritma dan interpretasi hasil. Visualisasi pergerakan head dan urutan layanan memungkinkan mahasiswa melihat pola kerja algoritma secara lebih intuitif. Namun, ketergantungan penuh pada simulasi tanpa pemahaman manual berpotensi menimbulkan pemahaman yang dangkal, di mana mahasiswa mengetahui hasil tetapi tidak sepenuhnya memahami proses yang menghasilkan hasil tersebut. Oleh karena itu, pembahasan ini menegaskan

pentingnya strategi pembelajaran bertahap yang mengombinasikan kedua pendekatan secara proporsional.

Pembahasan juga menunjukkan bahwa tingkat kompleksitas permasalahan memiliki peran sentral dalam menentukan efektivitas metode analisis. Pada dataset sederhana, perbedaan metode tidak berdampak signifikan terhadap hasil maupun pengalaman pengguna. Namun, pada dataset kompleks, perbedaan tersebut menjadi sangat menentukan. Hal ini mengindikasikan bahwa pemilihan metode analisis algoritma sebaiknya mempertimbangkan karakteristik permasalahan yang dihadapi, bukan hanya kemudahan penggunaan atau kecepatan proses. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip desain sistem yang adaptif, di mana solusi disesuaikan dengan kebutuhan dan batasan konteks tertentu.

Selain itu, pembahasan ini mengungkap pentingnya validasi silang dalam analisis algoritma. Ketika simulasi digunakan, hasil yang diperoleh sebaiknya tidak langsung diterima tanpa verifikasi, terutama pada permasalahan yang kompleks. Perhitungan manual, meskipun memakan waktu, dapat berfungsi sebagai alat validasi untuk memastikan bahwa hasil simulasi sesuai dengan logika algoritma yang seharusnya. Sebaliknya, simulasi dapat digunakan untuk memeriksa kembali hasil perhitungan manual dan mengidentifikasi potensi kesalahan manusia. Pendekatan validasi silang ini meningkatkan keandalan analisis dan mengurangi risiko kesimpulan yang keliru.

Dari perspektif praktis, temuan penelitian ini juga relevan bagi pengembangan dan penggunaan alat bantu simulasi algoritma. Keterbatasan teknis yang muncul pada simulasi berbasis web menunjukkan bahwa pengembang perlu memperhatikan aspek skalabilitas dan keandalan sistem. Simulator yang dirancang untuk keperluan pembelajaran sebaiknya mampu menangani berbagai tingkat kompleksitas permasalahan agar dapat digunakan secara konsisten. Selain itu, kejelasan aturan implementasi algoritma di dalam simulator juga penting untuk menghindari perbedaan interpretasi antara simulasi dan perhitungan teoretis.

Pembahasan ini juga menyoroti peran pengalaman pengguna dalam menentukan efektivitas metode analisis. Mahasiswa sebagai pengguna tidak hanya menilai metode berdasarkan akurasi hasil, tetapi juga berdasarkan kemudahan penggunaan, waktu pengerjaan, dan tingkat kelelahan yang dirasakan. Faktor-faktor ini memengaruhi motivasi dan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran. Metode yang terlalu kompleks atau melelahkan dapat menurunkan minat belajar, sementara metode yang terlalu otomatis dapat mengurangi kedalaman pemahaman. Oleh karena itu, desain pembelajaran dan pemilihan metode analisis perlu mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi dan kedalaman pemahaman.

Secara konseptual, pembahasan ini memperkuat pemahaman bahwa algoritma SSTF, meskipun tergolong algoritma klasik, masih memiliki nilai edukatif dan analitis yang tinggi. Analisis terhadap metode penerapannya membuka wawasan mengenai bagaimana algoritma tersebut dipelajari, dianalisis, dan divalidasi dalam praktik. Hal ini menunjukkan bahwa kajian algoritma tidak hanya berkutat pada efisiensi matematis, tetapi juga pada bagaimana algoritma tersebut diimplementasikan dan dipahami oleh pengguna.

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa analisis kinerja algoritma penjadwalan disk Shortest Seek Time First (SSTF) sangat dipengaruhi oleh pendekatan yang digunakan, khususnya ketika dihadapkan pada tingkat kompleksitas permasalahan yang berbeda. Pendekatan perhitungan manual dan simulasi berbasis web terbukti sama-sama mampu menghasilkan analisis yang valid pada permasalahan dengan tingkat kompleksitas rendah hingga menengah. Pada kondisi tersebut, kedua pendekatan memberikan hasil yang konsisten, sehingga dapat dikatakan bahwa implementasi algoritma SSTF relatif stabil dan mudah ditelusuri pada skenario sederhana.

Namun demikian, seiring meningkatnya kompleksitas permintaan disk, perbedaan karakteristik kedua pendekatan menjadi semakin signifikan. Perhitungan manual tetap mampu menghasilkan hasil analisis pada seluruh tingkat kompleksitas, tetapi memerlukan waktu yang lebih lama serta memiliki risiko variasi hasil akibat faktor subjektivitas dan ketelitian pengguna. Sebaliknya, simulasi berbasis web menunjukkan keunggulan dari sisi kecepatan dan konsistensi hasil pada kondisi tertentu, tetapi memiliki keterbatasan teknis yang menyebabkan ketidakmampuan sistem dalam menangani dataset dengan kompleksitas tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa keandalan suatu metode analisis tidak hanya ditentukan oleh konsep algoritmik, tetapi juga oleh kesiapan teknis alat bantu yang digunakan.

Dari sisi pembelajaran dan analisis algoritma, penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan manual dan simulasi berbasis web memiliki fungsi yang saling melengkapi. Perhitungan manual berperan penting dalam membangun pemahaman konseptual dan kemampuan analitis pengguna terhadap mekanisme kerja algoritma SSTF, sedangkan simulasi berbasis web berfungsi sebagai alat bantu untuk mempercepat proses analisis dan memvisualisasikan perilaku algoritma secara lebih intuitif. Oleh karena itu, penggunaan kedua pendekatan secara terpadu dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan ketepatan analisis dibandingkan dengan penggunaan satu metode secara terpisah.

Kontribusi pembaruan ilmu dari penelitian ini terletak pada penekanan bahwa evaluasi algoritma penjadwalan disk tidak cukup hanya dilakukan dari sisi performa algoritmik, tetapi juga perlu mempertimbangkan pendekatan analisis yang digunakan. Penelitian ini memperkaya kajian sistem operasi dengan menghadirkan perspektif metodologis, yaitu membandingkan validitas, konsistensi, dan keterbatasan pendekatan manual dan simulasi dalam menganalisis algoritma yang sama. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membahas “seberapa baik” algoritma SSTF bekerja, tetapi juga “bagaimana” algoritma tersebut sebaiknya dianalisis dan dipelajari.

Selain itu, hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bahwa simulasi berbasis web perlu dirancang dengan mempertimbangkan aspek skalabilitas dan keandalan agar dapat digunakan secara konsisten pada berbagai tingkat kompleksitas permasalahan. Di sisi lain, perhitungan manual tetap relevan sebagai metode validasi dan penguatan pemahaman konseptual, terutama ketika alat bantu otomatis tidak dapat digunakan secara optimal. Kesimpulan ini mempertegas bahwa pendekatan analisis algoritma yang adaptif dan kontekstual merupakan kebutuhan penting dalam pembelajaran dan penelitian sistem operasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pemilihan metode analisis algoritma SSTF harus disesuaikan dengan tujuan analisis, tingkat kompleksitas permasalahan, dan konteks penggunaan. Dengan menyelaraskan pendekatan manual dan simulasi, penelitian ini memberikan landasan konseptual dan empiris bagi pengembangan metode pembelajaran dan analisis algoritma yang lebih efektif, andal, dan berkelanjutan di bidang sistem operasi.

Daftar Pustaka

- Amanda Putri, R. (2021) ‘Aplikasi simulasi algoritma penjadwalan sistem operasi’, *Jurnal Teknologi Informasi*, 5(1), pp. 98–102.
- Al Huseini, D.N. and Kusnendar, J. (2025) ‘Analisis trend penelitian penggunaan algoritma penjadwalan serta faktor yang mempengaruhinya: analisis bibliometrik R dan pemetaan VOSviewer’, *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, 11(1), pp. 57–66. Available at: <https://doi.org/10.25077/teknosi.v11i01.2025.57-66>
- Chen, W., Zhang, X., Liu, Y., Li, P. and Sun, J. (2021) ‘A real-time matrix iterative optimization algorithm of booking elevator group and numerical simulation formed by multi-sensor combination’, *Electronics*, 10(24), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.3390/electronics10243179>
- Doekemeijer, K., van der Heide, A., Rijke, M. and Oosterlee, C. (2023) ‘Performance characterization of NVMe flash devices with zoned namespaces (ZNS)’, *Proceedings of the IEEE International Conference on Cluster*

- Computing (CLUSTER), pp. 118–131. Available at: <https://doi.org/10.1109/CLUSTER52292.2023.00018>
- .Hayatunnufus, Riasetiawan, M. and Ashari, A. (2020) 'Performance analysis of FIFO and round robin scheduling process algorithm in IoT operating system for collecting landslide data', *Proceedings of the 2020 International Conference on Data Science, Artificial Intelligence, and Business Analytics (DATABIA)*, pp. 63–68. Available at: <https://doi.org/10.1109/DATABIA50434.2020.9190608>
- .Khuhro, M.A., Kanasro, H.A., Abbasi, Z.A. and Khuhro, A.R. (2021) 'Analysis of traditional hard disk scheduling algorithms: A review', *Quaid-e-Awam University Research Journal of Engineering Science & Technology*, 19(1), pp. 51–58. Available at: <https://doi.org/10.52584/qrj.1901.07>
- .Lestari, D. and Komputer, I. (2024) 'Analisis perbandingan algoritma penjadwalan quantum untuk komputasi high-performance', *Jurnal Ilmu Komputer*, 1(1), pp. 1–21.
- Malik, G., Ardiansyah, R., Susanto, H. and Fikri, A. (2024) 'Analisa perbandingan manajemen proses multitasking pada sistem operasi Windows dan Linux', *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 8(1), pp. 1–12.
- Oliveira Cruz, A., Alves de Jesus, Á. and Pio Marques Filho, F. (2023) 'A comparative study of operating system routine simulators to assist lecture classes', *Revista de Sistemas*, 1, pp. 497–507.
- Performance analysis of disk scheduling algorithms using simulation approach (2021) *International Journal of Computer Applications*, 183(32), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.5120/ijca2021921723>
- .Pramudia, F.A., Zulfa, M.I. and Alim, M.S. (2025) 'Effect of in-memory based cache system on web applications in improving data access performance', *Dinamika Rekayasa*, 21(2), pp. 166–174. Available at: <https://doi.org/10.20884/1.jidr.2025.21.2.12>
- .Putri, F.L., Djuniadi and Rochim, F.P. (2025) 'Tinjauan komprehensif: simulasi sistem disk scheduling dengan berbagai algoritma menggunakan OS Sim', *ELECTRON Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 6(1), pp. 47–55. Available at: <https://doi.org/10.33019/electron.v6i1.302>
- .Rakhmadi Rahman, R., Putra, W., Sari, M. and Hasan, A. (2024) 'Meningkatkan responsivitas pada sistem operasi Android melalui implementasi algoritma penjadwalan mutakhir', *Router: Jurnal Teknik Informatika dan Terapan*, 2(3), pp. 56–65. Available at: <https://doi.org/10.62951/router.v2i3.146>
- Science, C. and Science, C. (2015) 'Access time based on initial head position in disk scheduling', *Computer Science Journal*, 6, pp. 32–36.
- Taqwiym, A. (2025) 'Manajemen digitalisasi pengarsipan perpustakaan', *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Multidisiplin Ilmu (SEMNASTEKMU)*, 5(1), pp. 655–668. Available at: <https://doi.org/10.51903/m1qfmq30>
- .Taqwiym, A. and Satria, R.R. (2025) 'Penerapan sistem informasi berbasis web dalam usaha jasa penyewaan dengan perspektif hukum perlindungan data dan transaksi elektronik', *Jurnal SIFRA – Jurnal Sistem, Informasi, dan Rekayasa*, 1(1), pp. 42–53.
- Teorey, T.J. and Pinkerton, T.B. (1972) 'A comparative analysis of disk scheduling policies', *Communications of the ACM*, 15(3), pp. 177–184. Available at: <https://doi.org/10.1145/361268.361278>
- .