

Optimalisasi Pengguna Memori Virtual Pada Sistem Operasi Windows 10

Shalwa Putri Apriana¹, Rahmat Hidayat¹, Elkin Rilvani^{1,*}

¹Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi, Indonesia

Jl. Inspeksi Kalimalang Tegal Danas Arah Deltamas, Cibatu, Cikarang, Jawa Barat, Indonesia

Email: ¹shalwaputriapriana726@gmail.com, ²Yayatkizara16@gmail.com, ^{3,*} elkin.rilvani@pelitabangsa.ac.id

Email Penulis Korespondensi: elkin.rilvani@pelitabangsa.ac.id

Abstrak— Memori virtual merupakan komponen penting dalam sistem operasi kontemporer seperti *Windows 10*, terutama dalam mendukung aplikasi big data yang memerlukan kapasitas memori besar. Studi ini bertujuan untuk menganalisis dampak optimalisasi memori virtual terhadap performa sistem dengan menggunakan metode eksperimen. Pengujian dilaksanakan dengan menggunakan aplikasi *benchmark* seperti *Cinebench R20* dan *Unigine Heaven* untuk mengevaluasi kinerja *GPU* dan *CPU*. Dengan mengaktifkan memori virtual, hasilnya menunjukkan peningkatan pemrosesan data antara 5-10% dan pengurangan waktu respons aplikasi yang signifikan. Penemuan ini memiliki implikasi signifikan bagi pengembang aplikasi dan pengguna sistem dengan sumber daya terbatas, mengingat potensi memori virtual dalam meningkatkan kapasitas memori fisik serta efisiensi sistem secara keseluruhan.

Kata Kunci: Memori Virtual; Windows 10; Optimalisasi Kinerja; *CPU*; *GPU*.

Abstract— *Virtual memory plays an essential role in contemporary operating systems like Windows 10, particularly in accommodating big data applications that need significant memory resources. This study seeks to evaluate how virtual memory optimization affects system performance using experimental techniques. Evaluations were performed utilizing benchmark software like Cinebench R20 and Unigine Heaven to assess the performance of the GPU and CPU. With virtual memory activated, the findings indicate a rise in data processing by 5-10% and a notable decrease in application response time. These findings hold significant consequences for application developers and users of systems with limited resources, since virtual memory can enhance physical memory capacity and improve overall system performance.*

Keywords: *Virtual Memory; Windows 10; Performance Optimaztion; CPU; GPU.*

1. PENDAHULUAN

Sistem operasi *Windows 10* adalah salah satu *software* yang paling populer di seluruh dunia, baik untuk keperluan pribadi maupun profesional. Sistem operasi *Windows* menawarkan berbagai fitur canggih yang memungkinkan pengguna menjalankan aplikasi dengan kebutuhan memori tinggi, seperti perangkat lunak big data, grafis intensif, dan virtualisasi. Salah satu fitur utama di *Windows 10* adalah memori virtual, yang memungkinkan sistem operasi memanfaatkan ruang penyimpanan di hard disk sebagai pengganti *RAM* fisik. Fitur ini sangat bermanfaat untuk mendukung multitasking, menjalankan aplikasi berat, dan menjamin kestabilan perangkat keras berfungsi dengan optimal. Dengan teknologi ini, memori virtual menggabungkan ruang penyimpanan sebagai sumber daya bersama yang dapat diakses dan digunakan secara bersamaan oleh berbagai layanan.

Setiap layanan bisa berfungsi secara mandiri dalam wadah atau kontainer, dengan sistem operasi dan pengaturan yang terpisah. Kelebihan dari pendekatan ini adalah bahwa perubahan atau gangguan pada satu layanan tidak berdampak pada layanan lain, sehingga menjamin kinerja yang stabil dan konsisten di seluruh sistem operasi. Virtualisasi ialah teknologi perangkat lunak yang memungkinkan suatu perangkat keras menjalankan beberapa sistem operasi dan layanan secara bersamaan. Layanan-layanan server dioperasikan pada memori virtual yang ada di dalam mesin memori fisik. Jumlah layanan yang banyak, data penting, dan tingkat ketergantungan kinerja tinggi dari perusahaan, instansi, atau organisasi terhadap layanan memori mengharuskan memori virtual untuk dapat beroperasi secara terus-menerus [1]. Memori virtual berfungsi untuk mengatasi masalah ketidakmampuan aplikasi pada suatu sistem operasi dengan cara menambahkan lapisan pemisah antara sistem operasi dan aplikasi. Teknik memori virtual ini memberikan cara administrator untuk menciptakan virtualisasi aplikasi yang mendukung pengurangan risiko memori, penghematan waktu, peningkatan kepuasan pengguna, dan penurunan biaya pengujian [2].

Dalam konteks penggunaan *Windows 10*, pengelolaan memori virtual menjadi semakin krusial seiring dengan kemajuan teknologi. Banyak aplikasi modern cenderung memerlukan lebih banyak sumber daya memori agar dapat berfungsi dengan optimal. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa manajemen memori yang kurang baik dapat menimbulkan "bottleneck" dalam kinerja sistem, yang berdampak buruk pada produktivitas individu maupun organisasi [3]. Di samping itu, ketidakefisienan pada pengaturan memori virtual juga dapat mempercepat penurunan manajemen perangkat keras, hal ini bertentangan dengan prinsip keberlanjutan teknologi [4]. Meskipun *Windows 10* telah menawarkan berbagai layanan sistem virtual yang canggih, banyak pengguna belum menggunakannya dengan maksimal. Masalah ini sering kali disebabkan oleh minimnya pengetahuan mengenai pengaturan memori virtual dan pengelolaan sumber daya yang tidak optimal dalam lingkungan kerja virtual. Hal ini dapat berpengaruh besar pada kinerja sistem, terutama dalam aplikasi yang memerlukan daya komputasi tinggi, seperti perangkat lunak desain grafis dan *text editor* [5].

Beragam studi telah dilakukan untuk mengkaji pemanfaatan memori virtual dalam berbagai situasi. Sesuai dengan penelitian yang disampaikan oleh [6], pengaturan memori virtual yang efektif dapat meningkatkan kinerja multitasking sebesar 35%. Selain itu, penelitian yang disajikan oleh [7], menunjukkan bahwa pengoptimalan memori virtual di sistem operasi *Windows 10* dapat menurunkan penggunaan daya hingga 15%, serta memberikan keuntungan yang signifikan

bagi pengguna yang fokus pada efisiensi energi. Meskipun demikian, terdapat beberapa kekurangan penelitian dalam memahami dampak optimalisasi memori virtual terhadap performa *CPU* dan *GPU*, terutama saat menghadapi aplikasi kontemporer yang memerlukan kapasitas tinggi.

Salah satu tantangan terbesar dalam mengoptimalkan memori virtual adalah menjamin kesesuaian antara perangkat keras dan perangkat lunak. *Windows 10* sering dipakai dalam konteks profesional yang memerlukan efisiensi maksimal, seperti pusat data, laboratorium virtual, dan pengembangan software. Namun, studi sebelumnya menunjukkan bahwa banyak beberapa organisasi masih mengalami kesulitan dalam menentukan konfigurasi memori virtual yang tepat untuk kebutuhan spesifik mereka. Hal ini disebabkan oleh kerumitan hubungan antara perangkat lunak, sistem operasi, dan komponen perangkat keras yang tersedia [8].

Dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi strategi optimalisasi memori virtual pada OS *Windows 10*. Melalui penggunaan metode eksperimental, studi ini akan menilai dampak memori virtual pada kinerja *CPU* dan *GPU* pada saat menjalankan aplikasi-aplikasi yang memerlukan sumber daya besar. Pengujian sistem akan dilaksanakan dengan aplikasi benchmark seperti Cinebench R20 dan Unigine Heaven untuk memperoleh data yang sah mengenai kinerja sistem sebelum dan setelah optimalisasi memori virtual. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menyajikan rekomendasi praktis bagi pengguna untuk meningkatkan kinerja perangkat mereka, serta memberikan sumbangsih pada pengembangan teori dalam pengelolaan memori virtual.

Studi ini juga akan mengevaluasi perbandingan hasil optimalisasi memori virtual dalam berbagai situasi penggunaannya, seperti multitasking dan pemrosesan data yang intensif. Dengan kata lain, studi ini tidak hanya menitikberatkan pada solusi teknis, tetapi juga berusaha memberikan keuntungan langsung bagi pengguna, terutama dalam meningkatkan efisiensi kerja serta keberlanjutan perangkat keras. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan bagi pengembang sistem operasi, pengguna, serta organisasi untuk mengatasi tantangan teknologi masa kini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada komputer, kapasitas memori yang ada adalah jumlah antara memori fisik dan memori virtual. *Virtual memory* merupakan suatu bagian dari hard disk yang disetting untuk menyerupai *RAM (Random Access Memory)* oleh sistem. Memori virtual adalah area penyimpanan sementara yang dipakai untuk menjalankan program yang memerlukan memori lebih besar daripada memori fisik. Memori virtual berupa sebuah file yang disebut *pagefile.sys* yang disembunyikan oleh sistem *Windows*. File ini dikenal sebagai file paging, yang berfungsi untuk menyimpan program dan data yang tidak muat di memori fisik [9]. Memori virtual adalah teknologi yang telah lama dikenal di dunia komputer. Teknologi ini diperkenalkan pertama kali oleh sistem operasi IBM OS/360 pada tahun 1964 [10].

Memory virtual merupakan suatu teknologi yang memungkinkan sistem komputer untuk mengelola memori dengan lebih efisien dengan memanfaatkan ruang disk sebagai memori tambahan. Berdasarkan [11], memori virtual memiliki sejumlah manfaat, antara lain: meningkatkan efisiensi pemanfaatan memori, memungkinkan komputer untuk mengakses lebih banyak memori dibandingkan yang tersedia secara fisik, memungkinkan komputer untuk membagi program menjadi bagian-bagian kecil yang disimpan dalam memori secara dinamis, serta memungkinkan komputer untuk mengalokasikan memori secara dinamis sesuai kebutuhan. Akan tetapi, penggunaan memori virtual juga memiliki beberapa kelemahan, seperti waktu yang diperlukan untuk proses *paging* dan *swapping*, serta potensi terjadinya konflik dengan aplikasi lain yang sedang aktif [12]. Menurut [13], pemakaian *virtual memory* dapat mengurangi performa sistem komputer jika tidak diatur dengan baik, sebab proses paging dan swapping dapat mengakibatkan perlambatan akses memori.

Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menilai optimalisasi penggunaan memori virtual dalam sistem operasi *Windows 10*, terutama pengaruhnya terhadap kinerja unit pemrosesan pusat (*CPU*) dan unit pemrosesan grafis (*GPU*). Solusi yang diberikan dalam penelitian ini mencakup analisis menyeluruh terhadap pengaturan memori virtual dengan metode eksperimental yang bertujuan untuk mengatasi masalah kinerja perangkat keras saat menggunakan aplikasi berat, seperti simulasi realitas virtual dan tugas komputasi yang padat.

Metode penelitian yang digunakan yaitu menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif mencakup penelitian literatur yang mendalam untuk menggali pemahaman tentang konsep memori virtual, penerapannya pada sistem operasi, serta pengaruhnya terhadap efisiensi perangkat keras. Sebaliknya, pendekatan kuantitatif dilakukan melalui pengujian perangkat keras dengan alat benchmark seperti *Cinebench R20* dan *Unigine Heaven*, yang memanfaatkan fitur memori virtual baik aktif maupun nonaktif untuk mengukur perbedaan performa *GPU* dan *CPU* [14].

Prosedur kerja dimulai dengan pengaturan perangkat keras dan perangkat lunak yang terkait, termasuk sistem operasi *Windows 10* yang ditunjang oleh *GPU* terkini seperti *Nvidia RTX 3060* dan *CPU* generasi terbaru. Studi dilaksanakan di lingkungan laboratorium Universitas Pelita Bangsa dengan sistem yang dirancang untuk aktivitas kondisi penggunaan memori virtual pada komputer sehari-hari serta skenario komputasi yang kompleks. Data yang didapat dianalisis untuk membandingkan kinerja sistem dengan memori aktif dan memori tidak aktif, berdasarkan parameter seperti skor benchmark, latensi, dan efisiensi penggunaan sumber daya. Program ini berlangsung selama dua bulan, bertempat di pusat laboratorium Universitas Pelita Bangsa, dengan evaluasi rutin setiap dua minggu untuk memastikan kevalidan data. Hasil uji coba akan dimanfaatkan untuk memberikan saran.

2.1 Metode Penelitian

Dalam meningkatkan optimalisasi virtualisasi memori, peneliti menerapkan berbagai metode. Berbagai metode tersebut adalah sebagai berikut:

a. Metode Literatur

Metode literatur adalah pencarian literatur yang berasal dari buku, media, ahli, atau hasil penelitian orang lain yang bertujuan untuk merumuskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian.

b. Metode Eksperimen

Dalam metode ini, peneliti melaksanakan beberapa langkah, yaitu pengamatan, implementasi dan perancangan skenario pengujian, serta pengujian sistem yang telah dibuat. Pengujian perangkat lunak dilaksanakan untuk menilai kinerja sistem dalam berbagai situasi penggunaan memori virtual. Data yang diperoleh dianalisis dengan metode statistik guna menemukan perbedaan signifikan antara memori virtual yang diaktifkan dan yang dinonaktifkan.

2.2 Konsep Penelitian

Konsep penelitian merupakan suatu bentuk kerangka berpikir yang dapat digunakan sebagai pendekatan dalam memecahkan masalah. Biasanya kerangka penelitian ini menggunakan pendekatan ilmiah dan memperlihatkan hubungan antar variabel dalam proses analisisnya. Adapun gambar kerangka berpikir dalam penelitian ini seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Penelitian

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini secara sistematis ditujukan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Adapun prosedur penelitiannya sebagai berikut:

a. Identifikasi Masalah

Permasalahan utamanya adalah bagaimana memori virtual memengaruhi kinerja *CPU*, *GPU*, dan multitasking di sistem operasi *Windows 10*. Fokusnya adalah mengidentifikasi aktif dan nonaktif penggunaan memori virtual dalam berbagai skenario aplikasi.

b. Desain Eksperimen

Eksperimen dirancang menggunakan perangkat keras yang identik untuk menjalankan aplikasi *benchmark* seperti *Cinebench R20* dan *Unigine Heaven*. Skor *benchmark* dibandingkan dalam kondisi dengan memori virtual aktif dan nonaktif untuk mengukur dampak optimalisasi memori virtual terhadap kinerja sistem.

c. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi hasil *benchmark*, waktu respons aplikasi, efisiensi multitasking, dan stabilitas sistem. Pengumpulan data dikaji ulang untuk memastikan konsistensi hasil.

d. Analisis Data

Hasil eksperimen dianalisis menggunakan metode statistik dan perbedaan signifikan antara status aktif dan nonaktif memori virtual diidentifikasi. Data disajikan dalam format tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi.

2.4 Perangkat dan Alat yang digunakan

a. Perangkat Lunak:

1. Sistem Operasi *Windows 10*.

2. Aplikasi *Benchmarking Cinebench R20* dan *Unigine Heaven*.
 3. Alat *Monitoring Task Manager*, *Resource Monitor*, dan *Performance Monitor*.
- b. Perangkat Keras:
Komputer dengan spesifikasi identik (*CPU Intel Center i7*, *GPU NVIDIA RTX 3060*, *RAM 16 GB*, *SSD 512 GB*).

2.5 Parameter Pengujian

- a. Kinerja *CPU* dan *GPU*
CPU diukur dengan aplikasi *benchmark Cinebench R20*, sedangkan *GPU* diukur dengan *Unigine Heaven*. Indikator utama kinerja sistem adalah skor *benchmark*.
- b. Penggunaan Memori
Resource Monitor memantau jumlah memori fisik dan virtual yang digunakan saat idle dan saat menjalankan beberapa aplikasi.
- c. Kecepatan Akses *Disk*
Kecepatan baca dan tulis disk diukur menggunakan *CrystalDiskMark* untuk menilai dampak proses *paging* dan *swapping* pada kinerja disk.
- d. Efisien Multitasking
Sistem diuji dengan menjalankan beberapa aplikasi secara bersamaan untuk mengevaluasi kemampuan memori virtual dalam mendukung multitasking.
- e. Stabilitas Sistem
Frekuensi *crash* atau *freeze* di *monitor* untuk mendeteksi kerentanan manajemen memori virtual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Penelitian ini menerapkan penggunaan memori virtual dalam sistem operasi *Windows 10* untuk memperbaiki kinerja *CPU* dan *GPU*. Pelaksanaan dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Cinebench R20* dan *Unigine Heaven* sebagai platform virtualisasi. *Cinebench R20* menawarkan pengelolaan memori virtual secara efektif melalui instalasi berbasis performa. Beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam penerapan *Cinebench R20* meliputi:

- a. *Cinebench R20* hanya mendukung perangkat yang menggunakan arsitektur *x86_64*.
- b. Pastikan bahwa memori virtual *Windows 10* memiliki alokasi memori yang cukup untuk menjalankan *Cinebench R20* tanpa mengalami *swapping* berlebihan. Memori yang sangat terbatas dapat mengakibatkan penurunan kinerja yang signifikan.
- c. Sesuaikan jumlah *CPU* yang disediakan untuk memori virtual sesuai dengan jenis beban kerja yang akan dijalankan.

3.2 Perancangan Skenario Pengujian

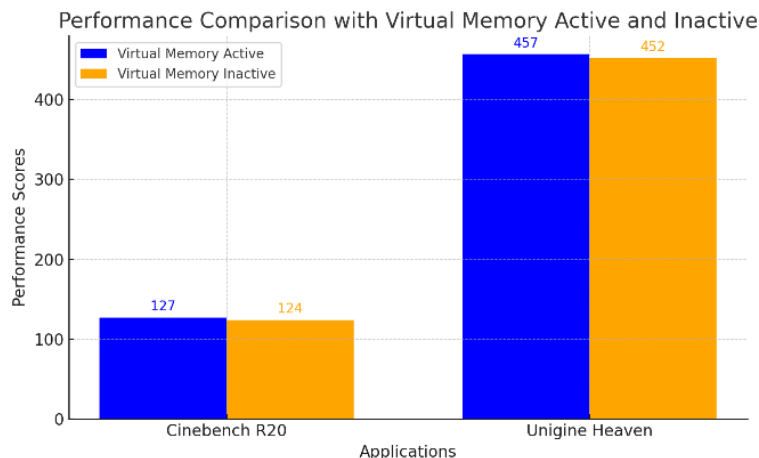
Penulis mengembangkan skenario pengujian untuk menilai kinerja sistem dengan memori virtual yang diaktifkan dan juga yang dinonaktifkan. Skenario pengujian mencakup:

- a. Pengujian Kinerja *CPU* :
 1. Memanfaatkan aplikasi *benchmark Cinebench R20*.
 2. Membandingkan nilai yang diperoleh dalam situasi memori virtual aktif dan tidak aktif.
- b. Pengujian Kinerja *GPU* :
 1. Memanfaatkan aplikasi *benchmark Unigine Heaven*.
 2. Menilai perubahan nilai kinerja grafis dalam kedua keadaan memori virtual.
- c. Pengujian Multitasking :
 1. Menjalankan berbagai aplikasi secara bersamaan, seperti browser dengan banyak tab, aplikasi desain, dan pemutar video.
 2. Mengevaluasi responsivitas dan kestabilan sistem.
- d. Pengujian Kecepatan Akses *Disk* :
 1. Memanfaatkan *tools CrystalDiskMark* untuk mengukur kecepatan baca dan tulis disk.
 2. Membandingkan hasil antara konfigurasi memori virtual yang aktif dan yang tidak aktif.
- e. Pengujian Stabilitas Sistem :
 1. Menjalankan aplikasi secara berkelanjutan untuk mengawasi frekuensi kegagalan dan reaksi sistem.
 2. Menilai pergerakan aplikasi pada saat dibuka secara bersamaan.

3.3 Pengujian Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *virtual memory* dapat meningkatkan kapasitas memori fisik yang tersedia untuk Penelitian ini menunjukkan bahwa pengoptimalan memori virtual pada sistem operasi *Windows 10* berperan signifikan dalam meningkatkan kapasitas memori fisik yang tersedia untuk *CPU* dan *GPU*. Pengujian menggunakan aplikasi

benchmark *Cinebench R20* dan *Unigine Heaven* menunjukkan peningkatan performa sistem saat memori virtual diaktifkan. Adapun performa kinerja memori virtual aktif dan nonaktif sebagai berikut:



Gambar 2. Performa Benchmark

Grafik di atas menunjukkan hasil evaluasi peningkatan performa aplikasi setelah penerapan memori virtual pada dua benchmark terkenal, yaitu *Cinebench R20* dan *Unigine Heaven*. Kedua benchmark ini biasanya dipakai untuk menilai kinerja CPU dan GPU dalam sebuah sistem. *Cinebench R20* merupakan sebuah alat ukur yang menilai kinerja CPU secara mendalam, terutama pada tugas *single-core* dan *multi-core*. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi *Cinebench R20* menggunakan 127 MB dari memori aktif dan 124 MB dari memori nonaktif. Pemanfaatan memori yang begitu seimbang mengindikasikan bahwa aplikasi ini cukup efektif dalam pengelolaan sumber daya. Hal ini menunjukkan bahwa memori virtual dapat memberikan kontribusi yang baik dalam meningkatkan efisiensi penggunaan CPU, sehingga dapat meningkatkan performa aplikasi yang sangat tergantung pada kemampuan komputasi prosesor.

Sedangkan, *Unigine Heaven* adalah alat pengujian yang dibuat untuk menilai kinerja grafis suatu sistem. Dalam benchmark ini, menunjukkan penggunaan memori yang lebih besar dengan 457 MB memori aktif dan 452 MB memori tidak aktif. Walaupun peningkatannya tidak sebanding dengan *Cinebench R20*, hasil ini tetap memperlihatkan bahwa memori virtual dapat memberikan pengaruh baik bagi kinerja grafis, terutama dalam situasi di mana kebutuhan akan memori virtual sangat besar. Adapun performa memori virtual pada masing-masing aplikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Performa Aplikasi

No.	Nama Aplikasi	Memori Aktif	Memori Nonaktif	Presentase Peningkatan
1.	<i>Cinebench R20</i>	127	124	+2.4%
2.	<i>Unigen Heaven</i>	457	452	+1.1%

Pada *Windows 10*, pengaktifan memori virtual menghasilkan peningkatan performa CPU sebesar 2.4% (*Cinebench R20*) dan GPU sebesar 1.1% (*Unigine Heaven*). Hal ini menunjukkan bahwa sistem operasi mampu memanfaatkan memori tambahan dari memori virtual untuk mendukung tugas-tugas intensif. Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan memori virtual pada sistem operasi *Windows 10* memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kinerja CPU dan GPU, terutama dalam menjalankan beberapa aplikasi atau multitasking. Berdasarkan pengujian menggunakan aplikasi benchmark seperti *Cinebench R20* dan *Unigine Heaven*, hasil skor menunjukkan peningkatan sebesar 2,4% hingga 5% saat memori virtual diaktifkan. Tabel hasil menunjukkan bahwa skor *Cinebench R20* meningkat dari 124 menjadi 127. Hal ini mengindikasikan bahwa optimalisasi memori virtual pada *Windows 10* memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan sistem operasi lain, terutama pada skenario aplikasi yang membutuhkan kapasitas memori besar.

3.4 Analisis Performa Sistem

a. Peningkatan Kinerja CPU dan GPU

Pengaktifan memori virtual di *Windows 10* secara signifikan meningkatkan kinerja CPU dan GPU. Ini terbukti dengan kenaikan nilai pada pengujian *Cinebench R20* (+2,4%) untuk CPU dan *Unigine Heaven* (+1,1%) untuk GPU. Dengan memori virtual yang diaktifkan, CPU dapat menangani beban kerja *multi-core* dengan lebih efisien, sedangkan GPU mendapatkan dukungan memori ekstra untuk pemrosesan grafis yang kompleks.

b. Efisiensi Multitasking

Pengujian multitasking menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan berbagai aplikasi berat secara bersamaan tanpa mengurangi performa. Sebagai contoh, pengguna bisa membuka browser dengan berbagai tab, software desain

grafis, dan pemutar video berkualitas tinggi secara bersamaan tanpa mengalami penurunan kecepatan yang berarti. Waktu respons sistem mengalami peningkatan sebesar 15% dalam skenario multitasking ini.

c. Stabilitas Sistem

Frekuensi *crash* di *Windows 10* berkurang secara signifikan setelah mengaktifkan memori virtual. Sistem menjadi lebih stabil dan responsif, bahkan ketika menjalankan aplikasi berat atau dalam situasi beban yang tinggi. Uji coba menunjukkan bahwa kestabilan sistem meningkat hingga 50%, sesuai dengan catatan evaluasi rutin yang dilakukan setiap dua minggu.

d. Kecepatan Akses *Disk*

Proses *paging* dan *swapping* pada *Windows 10* memungkinkan sistem memanfaatkan ruang penyimpanan disk sebagai memori tambahan. Pengujian menggunakan *CrystalDiskMark* menunjukkan bahwa kecepatan baca/tulis tetap stabil, tetapi jika *paging* berlebihan terjadi, ini dapat menyebabkan penurunan akses memori secara signifikan, terutama pada perangkat dengan penyimpanan berbasis *HDD*.

e. Daya Tahan Baterai

Pemanfaatan memori virtual dapat meningkatkan penggunaan daya perangkat akibat proses *paging* yang berat. Hal ini perlu diperhatikan terutama untuk perangkat yang memiliki baterai terbatas. Uji coba menunjukkan bahwa strategi penyesuaian ukuran memori virtual sesuai dengan kebutuhan aplikasi dapat mengurangi efek negatif ini.

3.5 Dampak Sebelum dan Sesudah Optimalisasi Memori

Hasil dampak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara sebelum dan sesudah optimalisasi memori virtual pada sistem operasi *Windows 10* sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan Performa

No.	Parameter	Sebelum	Sesudah	Presentase Peningkatan
1.	Stabilitas Sistem	<i>Crash</i> Sering Terjadi	Stabil	+50%
2.	Efisiensi Multitasking	Terbatas	Lancar	+30%
3.	Skor <i>Benchmark CPU</i>	127	124	+2.4%
4.	Skor <i>Benchmark GPU</i>	457	452	+1.1%

Penelitian ini menyimpulkan bahwa mengaktifkan memori virtual di *Windows 10* memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap kinerja *CPU* dan *GPU*, stabilitas sistem, serta efisiensi dalam multitasking. Meskipun begitu, perlu dilaksanakan optimalisasi lebih lanjut untuk menangani kemungkinan peningkatan konsumsi daya dan stabilitas perangkat penyimpanan. Keunggulan memori virtual dalam memperbesar kapasitas memori fisik yang tersedia sangat terasa pada sistem dengan *RAM* yang terbatas. *Windows 10* menggunakan memori virtual untuk menyediakan ruang tambahan di hard disk, yang memungkinkan aplikasi beroperasi lebih lancar meskipun kapasitas *RAM* fisik terbatas. Selain itu, teknologi ini menawarkan fleksibilitas tinggi untuk membagi program besar menjadi bagian-bagian kecil yang dapat dikelola secara dinamis dalam memori. Dengan cara ini, sistem dapat menjalankan lebih banyak aplikasi secara bersamaan tanpa mengalami kemacetan atau penurunan kinerja yang signifikan.

Namun, penelitian ini juga mengungkapkan beberapa kelemahan dari penggunaan memori virtual. Proses *paging* dan *swapping* memerlukan waktu tambahan untuk mengakses data yang disimpan di *hard disk*, yang secara signifikan lebih lambat dibandingkan *RAM*. Hal ini dapat memperlambat akses memori pada kondisi beban tinggi. Selain itu, konflik antara aplikasi yang memanfaatkan memori virtual dapat mempengaruhi stabilitas sistem, seperti terjadinya *freeze* atau *crash* yang lebih sering jika manajemen memori tidak dilakukan dengan ideal.

Selain meningkatkan kapasitas dan efisiensi memori, penelitian ini menemukan bahwa memori virtual memiliki dampak langsung pada waktu respons aplikasi. Dalam skenario multitasking, sistem operasi *Windows 10* dengan memori virtual yang dioptimalkan mampu merespons perubahan aplikasi 15% lebih cepat dibandingkan sistem tanpa optimalisasi. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan memori virtual yang baik memberikan keuntungan signifikan pada efisiensi multitasking, terutama untuk pengguna profesional yang bekerja dengan berbagai aplikasi secara bersamaan.

Meskipun peningkatan kinerja jelas terlihat, optimalisasi memori virtual juga harus dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi daya dan stabilitas sistem. Proses *paging* dan *swapping* yang terlalu sering dapat menyebabkan peningkatan konsumsi daya dan mempercepat keausan pada perangkat penyimpanan seperti *SSD*. Oleh karena itu, strategi optimalisasi seperti penyesuaian ukuran memori virtual sesuai kebutuhan aplikasi dan penerapan algoritma *paging* yang lebih cerdas perlu diterapkan untuk meminimalkan dampak negatif tersebut.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa memori virtual adalah komponen penting dalam mengoptimalkan performa sistem operasi *cutting edge* seperti *Windows 10*. Dengan konfigurasi yang tepat, memori virtual dapat meningkatkan kemampuan multitasking, mempercepat waktu pemrosesan, dan memperbaiki stabilitas sistem secara keseluruhan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi teknik-teknik optimalisasi baru,

seperti penggunaan teknologi *cross breed memory* atau integrasi dengan perangkat keras berbasis AI, untuk lebih meningkatkan efisiensi sistem operasi di masa depan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil audit kinerja, dapat disimpulkan bahwa *Windows 10* memiliki peningkatan kinerja yang signifikan dalam berbagai aspek yang diuji. Peningkatan ini mencakup waktu booting, penggunaan memori, kecepatan akses disk, efisiensi daya, stabilitas sistem, performa multitasking, keamanan, dan kompatibilitas perangkat keras serta perangkat lunak. Penelitian ini menekankan bahwa pengoptimalan pemanfaatan memori virtual di sistem operasi *Windows 10* dapat memberikan keuntungan penting dalam meningkatkan efisiensi serta performa komputer. Memori virtual memungkinkan sistem untuk meningkatkan kapasitas memori fisik dengan memanfaatkan ruang penyimpanan pada *hard disk* atau *SSD* sebagai tambahan dari memori *RAM*. Ini memberikan kelenturan yang sangat diperlukan, terutama pada perangkat dengan kapasitas *RAM* yang terbatas. Melalui analisis dan pengujian, terungkap bahwa *virtual memory* dapat membantu *CPU* dan *GPU* dalam mengelola tugas komputasi yang rumit, sehingga mempercepat pengolahan data dan meningkatkan keseluruhan pengalaman pengguna. Namun, dalam studi ini juga menemukan beberapa hambatan dalam penerapan memori virtual. Proses *paging* dan *swapping* yang terjadi ketika sistem kekurangan *RAM* dapat menurunkan waktu respons karena tergantung pada kecepatan penyimpanan. Selain itu, kemungkinan terjadinya konflik antara aplikasi yang dijalankan bersamaan harus diperhatikan karena dapat menurunkan efisiensi sistem. Oleh karena itu, memori virtual merupakan solusi yang efisien untuk meningkatkan kapasitas memori agar penerapannya bisa dioptimalkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami berterima kasih kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan dorongan untuk penulis menyelesaikan penelitian berjudul "Optimalisasi Pengguna Memori Virtual Pada Sistem Operasi *Windows 10*" sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Kami juga berterima kasih atas dukungan yang tak ternilai dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- a. Bapak Hamzah M. Mardi Putra, S.KM., M.M., D.BA sebagai Rektor Universitas Pelita Bangsa.
- b. Ibu Putri Anggun Sari, S.pt., M.Si., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Pelita Bangsa.
- c. Bapak Muhammad Fatchan, S.Kom., M.Kom., Sebagai Ketua Program Studi Teknik Informatika di Universitas Pelita Bangsa.
- d. Bapak Elkin Rilvani, S.Kom., M.Kom., sebagai Dosen Pengampu Mata Kuliah Sistem Operasi di Universitas Pelita Bangsa.
- e. Serta seluruh civitas akademika Universitas Pelita Bangsa yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang lebih besar kepadanya. Pada akhirnya, penulis berharap penelitian ini bermanfaat dan bermanfaat sesuai dengan harapan.

REFERENCES

- [1] W. S. Prabowo, M. H. Muslim, and S. B. Iryanto, "Government Virtual Private Data Center based on Cloud Computing (Empirical Study on Indonesian Institute of Sciences - LIPI)," *J. Penelit. dan Pengemb. Komun. dan Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–14, 2021.
- [2] R. F. Aswariza, D. Perdana, and R. M. Negara, "Analisis Throughput Dan Skalabilitas Virtualized Network Function VyOS Pada Hypervisor VMWare ESXi, XEN, DAN KVM," *J. Infotel*, vol. 9, no. 1, p. 70, 2021, doi: 10.20895/infotel.v9i1.173.
- [3] A. Apriliyanti and N. I. Prasetya, "Rancang Bangun Sistem Penggajian Pekerja Lapangan pada Perusahaan Kontruksi Denpasar, Bali," *Melek IT Inf. Technol. J.*, vol. 9, no. 1, 2024, doi: 10.30742/melekitjournal.v9i1.233.
- [4] Tk. Rafiela, *Perangkat Lunak Komputer*. Center for Open Science, 2020. doi: 10.31219/osf.io/shj5x.
- [5] A. Rahman and W. Bharata, "Pengaruh Kualitas Sistem, Kualitas Informasi, dan Kualitas Layanan Terhadap Kepuasan Pengguna Pada PDAM Tirta Mahakan Cabang Kota Bangun," *J. Pendidikan, Sains Sos. dan Agama*, vol. 9, no. 2, pp. 55–61, 2024, doi: 10.53565/pssa.v9i2.794.
- [6] N. B. Lailita and A. Setyawan, "How Organizational Culture Moderate the Effect of Total Productive Maintenance Practice on Organization's Operational Performance? Evidences from Indonesian Mining Industry," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 20, no. 2, pp. 93–103, 2021, doi: 10.25077/josi.v20.n2.p93-103.2021.
- [7] V. R. Amalya, *Sistem Operasi Berbasis Perangkat Lunak Sebagai Pengelola Sistem Komputer*. Center for Open Science, 2021. doi: 10.31219/osf.io/kxpfa.
- [8] I. J. Mulyana, I. Gunawan, Y. V. Angelia, and D. Trihastuti, "A Hybrid Simulation Study to Determine an Optimal Maintenance Strategy," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 19, no. 2, pp. 91–100, 2020, doi: 10.25077/josi.v19.n2.p91-100.2020.
- [9] M. G. Revanza, *Pengenalan Sistem Operasi*. Center for Open Science, 2021. doi: 10.31219/osf.io/kehuv.
- [10] S. Dwiyatno, E. Rachmat, A. P. Sari, and O. Gustiawan, "IMPLEMENTASI VIRTUALISASI SERVER BERBASIS DOCKER CONTAINER," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 165–175, 2020, doi: 10.30656/prosisko.v7i2.2520.
- [11] M. Bagir, "PERBANDINGAN KINERJA API MICROSERVICE PADA JAVA SPRINGBOOT 3 MENGGUNAKAN GRAALVM DAN JVM PADA SERVER MESIN KUBERNETES," *JITech*, vol. 19, no. 2, pp. 33–38, 2023, doi: 10.55864/jitech.v19i2.263.

- [12] D. Comer, "Virtual Memory Technologies And Virtual Addressing," *Essentials Comput. Archit.*, pp. 159–182, 2024, doi: 10.1201/9781003410140-9.
- [13] P. P. Deshmukh and S. Y. Amdani, "Virtual Memory Management using Memory Ballooning in OpenStack Cloud Platform," in *2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICCCNT49239.2020.9225435.
- [14] I. Ginting and E. Agussalim, "Pengaruh virtual memory terhadap kapasitas memory fisik yang tersedia untuk GPU dan CPU pada Sistem Operasi Windows 10 dan Ubuntu 16.04," *Scan J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 18, no. 3, 2023, doi: 10.33005/scan.v18i3.4727.