

PENGARUH KONFIGURASI SWAP PADA LINUX MINT TERHADAP PERFORMA MESIN VIRTUAL DI VIRTUALBOX DENGAN RAM TERBATAS

Hansel Valent, Fatima Asro Harahap, Feby Juliana Silalahi, Dedy Kiswanto

Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam / Matematika, Universitas Negeri Medan, Medan
hanseldragon557@mhs.unimed.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konfigurasi swap pada Linux Mint terhadap performa mesin virtual di VirtualBox dengan RAM terbatas. Virtualisasi telah menjadi teknologi penting dalam dunia komputasi modern, memungkinkan beberapa sistem operasi berjalan bersamaan pada satu perangkat keras. Namun, keterbatasan RAM sering menjadi kendala utama yang memengaruhi kinerja mesin virtual, terutama pada perangkat dengan spesifikasi rendah. Linux Mint menyediakan fitur swap sebagai memori virtual tambahan dengan memanfaatkan penyimpanan sekunder, seperti hard drive atau SSD, untuk mengatasi keterbatasan RAM, meskipun penggunaannya dapat memengaruhi kecepatan dan stabilitas sistem. Pengujian dilakukan dalam lima kondisi: tanpa swap, dengan swap bawaan, serta menggunakan swap file buatan sebesar 1 GB, 2 GB, dan 4 GB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa swap file 4 GB memberikan performa terbaik dengan waktu boot Debian 24,89 detik dan lag yang minimal, dibandingkan tanpa swap yang menghasilkan waktu boot 30,85 detik dengan lag signifikan. Swap file berukuran lebih kecil (1 GB dan 2 GB) memberikan kontribusi positif tetapi belum sepenuhnya menghilangkan hambatan performa. Tanpa swap, sistem hanya mengandalkan RAM fisik, yang menyebabkan penurunan stabilitas pada beban berat. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan swap file dengan ukuran cukup besar, seperti 4 GB, sangat direkomendasikan untuk meningkatkan stabilitas dan performa, terutama pada perangkat dengan spesifikasi terbatas yang sering menjalankan mesin virtual.

Kata kunci : *Linux Mint, swap, VirtualBox*

1. PENDAHULUAN

Virtualisasi telah menjadi salah satu teknologi penting dalam dunia komputasi modern, memungkinkan pengguna untuk menjalankan beberapa sistem operasi secara bersamaan pada satu perangkat keras. Teknologi ini menawarkan keuntungan seperti efisiensi penggunaan sumber daya, fleksibilitas, dan kemampuan untuk menciptakan lingkungan uji coba tanpa risiko langsung terhadap sistem utama. Namun, salah satu tantangan utama dalam penerapan virtualisasi adalah keterbatasan perangkat keras, terutama memori utama (RAM), yang secara signifikan memengaruhi kinerja mesin virtual.

Linux Mint, sebuah distribusi Linux yang dikenal ringan dan ramah pengguna, sering digunakan sebagai sistem operasi host dalam lingkungan virtualisasi. Untuk mengatasi keterbatasan RAM, Linux Mint menyediakan fitur swap, yang menggunakan penyimpanan sekunder (seperti hard drive atau SSD) sebagai tambahan memori virtual. Meskipun swap dapat membantu mencegah aplikasi mengalami kegagalan akibat kekurangan memori, penggunaannya sering kali mengorbankan kinerja karena kecepatan baca-tulis penyimpanan sekunder lebih lambat dibandingkan RAM.

Faktor seperti ukuran, lokasi, dan jenis swap (baik berupa file swap maupun partisi swap) menjadi elemen penting yang dapat memengaruhi performa mesin virtual di lingkungan dengan RAM terbatas. VirtualBox, sebagai salah satu perangkat lunak virtualisasi populer, menjadi platform yang relevan untuk menguji dampak konfigurasi swap terhadap kinerja mesin virtual.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh konfigurasi swap di Linux Mint terhadap performa mesin virtual yang dijalankan menggunakan VirtualBox. Fokus studi ini adalah lingkungan dengan kapasitas RAM terbatas, dengan mengeksplorasi berbagai konfigurasi swap dan mengukur dampaknya terhadap parameter kinerja seperti kecepatan proses, stabilitas sistem, dan responsivitas mesin virtual. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi pengguna untuk memaksimalkan performa mesin virtual pada perangkat dengan spesifikasi rendah hingga

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan swap file dalam lingkungan virtualisasi memiliki peran penting dalam mengelola performa sistem. Rissa Mellani Nur Wulandari [1] menganalisis performa live migration di cloud computing menggunakan OpenStack, dimana swap file diidentifikasi sebagai komponen penting untuk mendukung migrasi data antar node dan meminimalkan downtime selama proses migrasi. Swap file membantu menjaga stabilitas kinerja sistem dengan mengelola penggunaan memori secara efisien selama pemindahan mesin virtual.[1]

Penelitian yang dilakukan oleh Ghuftron Malik [2], membahas manajemen memori dalam multitasking antara sistem operasi Windows dan Linux. Studi ini menyoroti peran swap memori dalam mendukung efisiensi multitasking. Linux, dengan pengelolaan swap space yang lebih fleksibel, mampu

menangani beban kerja berat secara optimal dibandingkan Windows yang lebih mengandalkan virtual memory melalui pagefile. Penelitian ini menekankan bahwa swap memori yang dikelola dengan baik dapat meningkatkan responsivitas sistem dalam skenario multitasking berat. [2]

Penelitian yang dilakukan oleh Fajar Sugeng [3] mengeksplorasi penggunaan swap memori dalam konteks teknologi Docker Container. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Docker memanfaatkan swap memori secara efisien untuk menjaga stabilitas aplikasi yang berjalan, dibandingkan dengan teknologi virtualisasi berbasis hypervisor seperti Virtual Box yang cenderung lebih boros memori fisik dan swap. Swap memori dalam Docker terbukti mampu mendukung skalabilitas dan kinerja server yang optimal, bahkan saat menjalankan aplikasi secara simultan. [3]

Penelitian yang dilakukan oleh Jisun Kim dan Hyokyung Bahn [4] pengelolaan swap file berfokus pada solusi untuk meminimalkan dampak negatif dari penggunaan swap pada sistem yang memiliki keterbatasan memori fisik, seperti perangkat Android. Mereka mengusulkan skema swap selektif yang mengatur aplikasi berdasarkan karakteristik penyimpanan konteksnya. Skema swap selektif ini membedakan antara aplikasi yang tidak menyimpan konteksnya secara mandiri dan yang menyimpannya. Aplikasi yang tidak menyimpan konteksnya akan dipindahkan ke swap, sementara aplikasi yang dapat menyimpan konteksnya sendiri akan dihapus jika memori penuh, sehingga mengurangi beban swap. Keunggulan dari skema ini adalah pengurangan risiko kondisi thrashing—dimana sistem berulang kali menulis dan membaca dari swap yang dapat menurunkan kinerja secara drastis. Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan swap selektif ini dapat meningkatkan kinerja secara signifikan, terutama dalam hal waktu peluncuran aplikasi yang lebih cepat, dengan pengurangan variasi waktu peluncuran, dan pengalaman pengguna yang lebih stabil tanpa memerlukan tambahan perangkat keras. [4]

2.2. Linux Mint

Linux Mint merupakan distribusi berbasis Ubuntu dengan tujuan memberikan pengalaman desktop tradisional dengan berbagai alat yang berguna, unik dan kemampuan multimedia out-of-the-box. Desktop dan menu yang dipesan lebih dahulu, serta berbagai alat konfigurasi unik dan antarmuka instalasi paket berbasis web, semuanya disertakan. Repositori perangkat lunak Ubuntu kompatibel dengan Linux Mint. Linux adalah nama dari sebuah sistem operasi yang berbasis Unix yang disebarluaskan ke masyarakat secara gratis dan berada di bawah lisensi GNU General Public License (GPL), yang berarti bahwa Linux didistribusikan berikut dengan source code-nya. Ketersediaan akses kode sumber memungkinkan para pengguna untuk memodifikasi sistem operasi ini yang kemudian diperbolehkan juga

untuk digunakan dan didistribusikan kembali secara bebas. Yang menjadi perbedaan paling utama antara sistem operasi Linux dengan sistem operasi populer lainnya adalah terletak pada kernel Linux dan komponen-komponen yang menyusunnya yang bisa diakses secara bebas dan terbuka. Namun perlu pembaca ketahui, Linux bukanlah satu-satunya sistem operasi yang berada pada kategori open source, masih terdapat beberapa sistem operasi lain yang bersifat sama dengan Linux. [5]

Linux Mint adalah distribusi linux turunan dari Ubuntu, seperti kita ketahui sebelumnya Ubuntu adalah distro linux yang sangat populer dengan tampilan desktop-nya yang sangat khas. Linux Mint menawarkan dua desktop utama. Satu bernama desktop Cinnamon, dengan lingkungan desktop yang lebih modern, sementara yang lain menawarkan desktop MATE, yang merupakan modifikasi dari desktop GNOME 2 yang sebelumnya digunakan oleh Ubuntu dan distribusi Linux lainnya. Linux Mint 18.2 diberi code name “Sonya”, Linux Mint 18.2 adalah rilis dukungan jangka panjang yang akan didukung hingga 2021. Perangkat ini dilengkapi dengan perangkat lunak yang diperbarui dan membawa perbaikan serta banyak fitur baru untuk membuat desktop anda lebih nyaman digunakan. [6]

2.3. Swap Memori

Swap file, atau yang sering disebut sebagai file swap, adalah fitur penting dalam pengelolaan memori pada sistem operasi dan virtualisasi. Swap file memungkinkan sistem untuk menggunakan ruang penyimpanan sekunder, seperti hard drive atau SSD, sebagai memori tambahan saat RAM fisik mencapai kapasitas maksimumnya. Pada sistem virtualisasi seperti VirtualBox, swap file sangat berguna untuk memperluas kapasitas RAM virtual. Hal ini sangat penting ketika menjalankan aplikasi atau mesin virtual yang membutuhkan lebih banyak memori daripada yang tersedia secara fisik. Dengan menggunakan swap, sistem dapat menjaga stabilitas dan kinerja aplikasi, meskipun memori fisik terbatas. Penggunaan swap file ini membantu menjaga sistem tetap responsif dan mencegah kegagalan aplikasi yang dapat terjadi akibat kekurangan memori fisik. [7]

Swap file adalah salah satu komponen penting dalam sistem operasi Linux, terutama dalam konfigurasi server. Swap file berfungsi sebagai memori virtual tambahan yang digunakan oleh sistem operasi ketika memori utama (RAM) tidak mencukupi untuk menjalankan aplikasi atau proses tertentu. Dalam proses instalasi Linux CentOS, swap file menjadi salah satu partisi penting yang disarankan untuk dibuat bersama dengan partisi root (/) dan partisi direktori home (/home). Swap file ini bertindak seperti RAM cadangan yang memungkinkan sistem tetap beroperasi meskipun terjadi kelebihan beban pada memori utama. Swap digunakan untuk menyimpan data yang tidak aktif sementara, memberikan ruang pada RAM untuk proses yang lebih penting. Ini sangat

bermanfaat dalam skenario dengan banyak proses berjalan atau saat aplikasi yang digunakan memerlukan memori besar. Meskipun swap dapat meningkatkan kapasitas memori virtual, penggunaannya dapat memengaruhi kinerja sistem karena kecepatan baca/tulis pada hard drive atau SSD umumnya lebih lambat dibandingkan RAM. Dalam konfigurasi swap, pengguna dapat menentukan ukuran yang sesuai berdasarkan kebutuhan sistem. Misalnya, untuk server yang menjalankan aplikasi intensif memori, ukuran swap biasanya lebih besar dibandingkan sistem biasa. Proses konfigurasi swap dilakukan selama instalasi sistem operasi, di mana opsi "Automatically configure my partitioning" atau "I will configure partitioning" memungkinkan pengguna mengatur swap secara otomatis atau manual. Swap yang diatur dengan baik membantu meningkatkan stabilitas sistem, terutama dalam lingkungan server yang memerlukan keandalan tinggi. [8]

2.4. Virtual Box

VirtualBox adalah aplikasi virtualisasi lintas platform yang memungkinkan pengguna untuk menjalankan beberapa sistem operasi secara simultan di dalam satu perangkat fisik. Dalam konteks pendidikan dan penelitian, seperti yang dijelaskan dalam dokumen, VirtualBox sering digunakan untuk menciptakan lingkungan simulasi sebelum implementasi pada server fisik. Misalnya, dalam desain infrastruktur komputasi awan berbasis OpenStack, VirtualBox digunakan untuk menjalankan Ubuntu Server sebagai sistem operasi, yang kemudian menjadi platform untuk menjalankan berbagai layanan cloud seperti keystone, glance, dan nova. VirtualBox memainkan peran penting dalam mendukung efisiensi dan fleksibilitas pengujian sistem. Dengan menggunakan VirtualBox, pengguna dapat mengkonfigurasi jaringan, server, dan layanan cloud tanpa perlu investasi besar pada perangkat keras tambahan. Aplikasi ini juga mendukung manajemen sumber daya yang lebih baik, seperti memori, prosesor, dan penyimpanan, sehingga cocok untuk lingkungan laboratorium atau pengembangan di mana anggaran dan sumber daya terbatas. Teknologi ini memungkinkan para mahasiswa dan peneliti untuk mendapatkan pengalaman langsung dalam mengelola infrastruktur berbasis cloud, mendukung persiapan menghadapi kebutuhan industri di era revolusi industri 4.0. [9]

Oracle VM VirtualBox merupakan perangkat lunak virtualisasi yang bisa dipergunakan dalam mengeksekusi sistem operasi tambahan di dalam sistem operasi utama. Sebagai contoh, apabila seseorang memiliki sistem operasi Microsoft Windows yang terpasang di dalam komputer, maka seseorang tersebut bisa juga menjalankan sistem operasi lain yang diinginkan pada sistem operasi Microsoft Windows. Fungsi ini sangat penting apabila seseorang ingin melakukan suatu uji coba dan simulasi

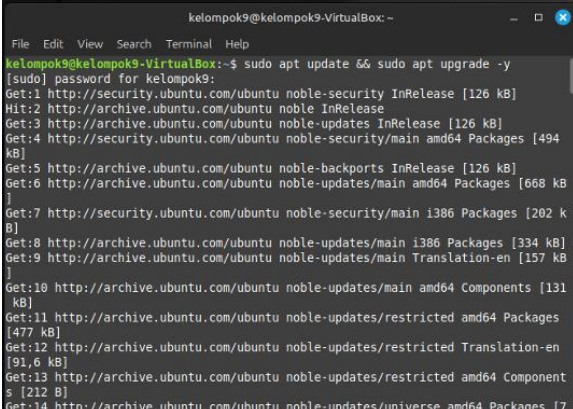
instalasi suatu sistem, tanpa harus kehilangan sistem yang sudah ada. [10]

Oracle VirtualBox adalah perangkat lunak virtualisasi yang dapat diinstal pada sistem operasi Windows, Linux, Mac OS, dan Solaris. Dengan menggunakan VirtualBox, pengguna dapat membuat dan menjalankan mesin virtual pada perangkat keras mereka. Mesin virtual ini memungkinkan pengguna untuk menjalankan beberapa sistem operasi yang berbeda secara bersamaan, baik itu sistem operasi yang sama atau berbeda. VirtualBox memanfaatkan kemajuan dalam arsitektur x86 untuk membuat mesin virtual. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menjalankan mesin virtual pada sebagian besar perangkat keras modern. Selain itu, VirtualBox juga mendukung teknologi virtualisasi KVM, yang memungkinkan pengguna untuk meningkatkan performa mesin virtual pada perangkat keras yang mendukung teknologi ini. VirtualBox juga memiliki antarmuka yang mudah digunakan dan mudah dipasang. Pengguna dapat mengatur sumber daya mesin virtual seperti memori, ruang penyimpanan, jaringan, dan perangkat input/output dengan mudah. VirtualBox juga memiliki fitur-fitur canggih seperti snapshot, yang memungkinkan pengguna untuk membuat salinan mesin virtual pada titik tertentu, sehingga pengguna dapat dengan mudah kembali ke kondisi mesin virtual yang sebelumnya jika terjadi masalah. Dalam keseluruhan, VirtualBox adalah platform virtualisasi yang fleksibel, mudah digunakan, dan memiliki fitur-fitur yang canggih. Dengan VirtualBox, pengguna dapat menjalankan beberapa sistem operasi pada satu perangkat keras dan mengalokasikan sumber daya sesuai dengan kebutuhan mereka. [11]

3. METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan Percobaan

- Buat repositori terbaru dengan `sudo apt update` & `sudo apt upgrade -y` :

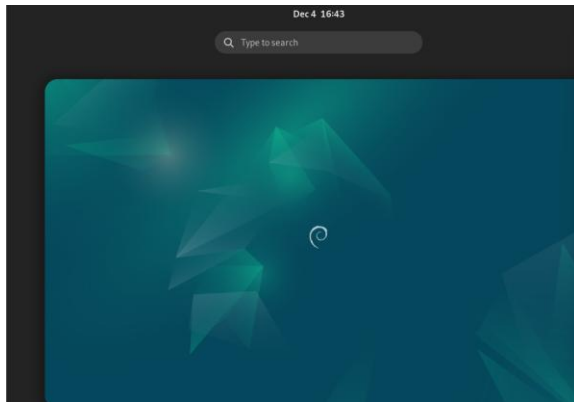


```
kelompok9@kelompok9-VirtualBox: ~
File Edit View Search Terminal Help
kelompok9@kelompok9-VirtualBox:~$ sudo apt update && sudo apt upgrade -y
[sudo] password for kelompok9:
Get:1 http://security.ubuntu.com/ubuntu noble-security InRelease [126 kB]
Hit:2 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble InRelease
Get:3 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates InRelease [126 kB]
Get:4 http://security.ubuntu.com/ubuntu noble-security/main amd64 Packages [494 kB]
Get:5 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-backports InRelease [126 kB]
Get:6 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/main amd64 Packages [668 kB]
Get:7 http://security.ubuntu.com/ubuntu noble-security/main i386 Packages [202 kB]
Get:8 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/main i386 Packages [334 kB]
Get:9 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/main Translation-en [157 kB]
Get:10 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/main amd64 Components [131 kB]
Get:11 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/restricted amd64 Packages [477 kB]
Get:12 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/restricted Translation-en [91,6 kB]
Get:13 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/restricted amd64 Component s [212 B]
Get:14 http://archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/universe amd64 Packages [7
```

Gambar 1. Update repositori baru

- Lakukan instalasi virtual box pada terminal dengan `sudo apt install virtualbox -y`.

- c. Jalankan OS guest Debian dengan virtual box yang sudah di install di linux mint dengan 4 kondisi pada swap file dimana kondisi pertama dengan swap file bawaan, kedua tanpa swap file, dan ketiga dengan swap file buatan.



Gambar 10. Tampilan OS Debian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh konfigurasi swap terhadap performa mesin virtual Debian yang dijalankan di VirtualBox pada OS host Linux Mint dengan RAM terbatas. Pengujian dilakukan dengan 5 skenario swap bawaan, Tanpa swap, swap file 1 GB, swap file 2 GB, swap file 4 GB

Tabel 1. Hasil setiap pengujian

No	Beban	Besar Swap File	Swap Terpakai (MB)	Waktu Boot OS (detik)
1	3 GB	4 GB (bawaan)	1555	25,66
2	3 GB	0 GB	0	30,85
3	3 GB	1 GB	1000	29,53
4	3 GB	2 GB	1130	27,10
5	3 GB	4 GB	1953	24,89

4.1. Swap File Bawaan (4 GB)

Pada kondisi swap bawaan, Linux Mint menggunakan swap bawaan sebagai tambahan memori virtual saat RAM mendekati batas. Swap bawaan memberikan kontribusi positif untuk mencegah sistem crash, namun performa tetap kurang optimal. Hal ini terlihat dari waktu boot Debian yang mencapai 25,66 detik dan respons yang agak lambat saat membuka aplikasi seperti YouTube di VirtualBox. Lag ringan masih terasa, terutama ketika banyak aplikasi berjalan di host. Swap bawaan membantu mengurangi tekanan pada RAM, tetapi ukurannya yang terbatas membatasi efektivitasnya dalam menangani beban berat.

4.2. Tanpa Swap File

Ketika swap dinonaktifkan, sistem sepenuhnya mengandalkan RAM fisik sebesar 4 GB. Beban kerja yang besar, termasuk menjalankan Debian di VirtualBox dengan alokasi RAM 2 GB, menyebabkan waktu boot meningkat menjadi 30,85 detik. Selain itu, lag signifikan dirasakan pada Debian, dan beberapa

tugas seperti membuka YouTube menjadi sulit dilakukan. Tanpa swap, sistem mulai menunjukkan gejala kekurangan memori, seperti lambat merespons perintah dan risiko aplikasi crash. Hal ini menegaskan bahwa swap berperan penting dalam memberikan stabilitas tambahan saat RAM terbatas.

4.3. Swap File 1 GB

Pada kondisi 1 GB, swap file manual dengan ukuran 1 GB diaktifkan untuk membantu Linux Mint menangani beban memori. Waktu boot Debian sedikit membaik menjadi 29,53 detik dibandingkan tanpa swap. Meskipun swap file ini memberikan ruang tambahan, ukurannya yang kecil membatasi dampaknya terhadap performa keseluruhan. Debian masih mengalami lag saat membuka aplikasi seperti browser atau YouTube, dan respons sistem host juga tidak optimal. Swap 1 GB membantu, tetapi belum cukup signifikan untuk mengatasi keterbatasan RAM fisik sepenuhnya.

4.4. Swap File 2 GB

Ketika swap file diperbesar menjadi 2 GB, terdapat peningkatan performa yang lebih nyata. Waktu boot Debian menjadi 27,10 detik, dan lag berkurang saat menjalankan aplikasi seperti browser. Swap tambahan ini mampu menampung lebih banyak data yang sebelumnya harus bertahan di RAM, sehingga mengurangi tekanan pada memori fisik. Namun, delay masih terjadi dalam beberapa situasi, terutama saat beban kerja sistem meningkat. Swap 2 GB memberikan performa lebih baik dibandingkan 1 GB, tetapi belum sepenuhnya menghilangkan hambatan performa.

4.5. Swap File 4 GB

Swap file buatan sebesar 4 GB menunjukkan hasil terbaik dalam semua pengujian. Dengan waktu boot Debian yang mencapai 24,89 detik, performa sistem menjadi jauh lebih stabil. Lag yang sebelumnya terasa pada Debian saat membuka browser dan YouTube hampir hilang, menunjukkan bahwa swap dengan ukuran yang lebih besar mampu memberikan ruang tambahan yang cukup untuk memori virtual. Swap 4 GB memungkinkan Linux Mint untuk mengelola aplikasi berat secara efisien, sekaligus memastikan mesin virtual tetap berjalan dengan lancar tanpa memengaruhi stabilitas sistem host.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konfigurasi swap pada Linux Mint secara signifikan memengaruhi performa sistem, khususnya dalam lingkungan mesin virtual di VirtualBox dengan RAM terbatas. Tanpa swap, sistem bergantung sepenuhnya pada RAM fisik, menyebabkan waktu boot lebih lama (30,85 detik) dan lag signifikan saat beban berat. Swap bawaan mengurangi tekanan pada RAM dengan waktu boot 25,66 detik, namun belum cukup optimal. Swap file 1 GB sedikit meningkatkan performa dengan

waktu boot 29,53 detik, tetapi lag masih terasa. Swap 2 GB memberikan perbaikan lebih nyata dengan waktu boot 27,10 detik dan pengurangan lag, meskipun performa belum sepenuhnya stabil. Swap file 4 GB memberikan hasil terbaik, dengan waktu boot tercepat (24,89 detik) dan lag yang nyaris hilang, memastikan stabilitas meski sistem host berada di bawah beban kerja tinggi. Oleh karena itu, penggunaan swap file besar seperti 4 GB sangat direkomendasikan untuk perangkat dengan RAM terbatas, karena mampu meningkatkan stabilitas dan efisiensi sistem secara signifikan. Disarankan agar pengguna dengan perangkat serupa mempertimbangkan konfigurasi swap ini untuk memastikan kelancaran operasional sistem, terutama saat menjalankan beban kerja berat atau mesin virtual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wulandari, R. M. N., Dewanta, F., & Irawan, A. I. (2023). Analisis Performa Live Migration Pada Cloud computing Dengan Metode Hybrid Menggunakan Openstack. *eProceedings of Engineering*, 9(6).
- [2] Malik, G., Wahyudi, K., Sakti, F. T. A., Ghofar, A., & Anshor, A. H. (2024). Analisa Perbandingan Manajemen Proses Multitasking pada Sistem Operasi Windows dan Linux. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 3(4), 190-199.
- [3] Ariadi, F. S., Iswahyudi, C., & Nurnawati, E. K. (2020). Penerapan Docker Container Sebagai Teknologi Ramah Skalabilitas Dibanding Teknik Virtualisasi Untuk Membangun Website Di Ubuntu 18.04. 4 LTS. *Jurnal Jarkom*, 8(2), 47-57.
- [4] Kim, J., & Bahn, H. (2020). Maintaining application context of smartphones by selectively supporting swap and kill. *IEEE Access*, 8, 85140-85153.
- [5] Alfidzar, Halim, & Zen, Bitu Parga. (2022). Implementasi HoneyPy Dengan Malicious Traffic Detection System (Maltrail) Menggunakan Analisis Deskriptif Guna Untuk Mendeteksi Serangan DDOS Pada Server. *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications (INISTA)*, 4(2), 32-45. <https://doi.org/10.20895/inista.v4i2.534>
- [6] Ichsan, Aulia. (2022). Teknologi Virtual Mesin Menggunakan Oracle VM VirtualBox 4.1.14 Pada Ujian Online. *INFOTEKJAR: JURNAL NASIONAL INFORMATIKA DAN TEKNOLOGI JARINGAN*, 7(1).
- [7] Ekaputra, A. R., & Affandi, A. S. (2023). Pemanfaatan layanan cloud computing dan docker container untuk meningkatkan kinerja aplikasi web. *Journal of Information System and Application Development*, 1(2), 138-147.
- [8] Irianto, I., Afrisawati, A., & Sahren, S. (2021). Linux-Based Server Operating System Installation Training for Yapdi Bandar Pulau Vocational High School Students. *Jurnal IPTEK Bagi Masyarakat*, 1(2), 90-97.
- [9] Santoso, S. B., Hasibuan, M. N. S., & Akbar, A. (2022). CLOUD COMPUTING INFRASTRUCTURE DESIGN WITH OPENSTACK ON LOCAL NETWORK USING VIRTUALBOX. *INFOKUM*, 10(5), 1440-1449.
- [10] Mufti Prasetyo, Sofyan, Agusti, Baisya, Mahesa, Dio Aria, Maulana, Fauzi, & Rafly, Ahmad. (2024). Mesin Virtual (Virtual Machine): Sekilas Tentang Tujuan, Fungsi, Keuntungan, Dan Pengelolaan Dari Mesin Virtual. *BIIKMA: Buletin Ilmiah Ilmu Komputer Dan Multimedia*, 1(6), 743-749. Retrieved from <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/biikma>
- [11] Nuryadin, Ridho Akbar, Ramadhani, Tarisa A., Karaman, Jamilah, & Reza, Muhammad. (2023). Analisis Perbandingan Performa Virtualisasi Server Menggunakan Vmware Esxi, Oracle Virtual Box, Vmware Workstation 16 Dan Proxmox. *METHOMIKA Jurnal Manajemen Informatika Dan Komputerisasi Akuntansi*, 7(2), 175-180. <https://doi.org/10.46880/jmika.vol7no2.pp175-180>