
ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA VIRTUALISASI SERVER MENGUNAKAN VMWARE ESXI, ORACLE VIRTUAL BOX, VMWARE WORKSTATION 16 DAN PROXMOX

Ridho Akbar Nuryadin[✉], Tarisa A. Ramadhani, Jamilah Karaman, Muhammad Reza

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia

Email: ridhoakbarnuryadin590@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol7No2.pp175-180>

ABSTRACT

In the era of advancing digitization, server infrastructure plays a key role in the development of applications and web services. To effectively and efficiently manage and develop virtualized servers, server virtualization techniques can be employed. There are several virtualization platforms available, such as VMware Workstation 16, VMware vSphere (ESXi), Oracle VirtualBox, and Proxmox, each with their own strengths and weaknesses. The objective of this research is to analyze the performance of these four virtualization platforms in developing and managing virtualized servers used for web services, taking into consideration response time, throughput, CPU performance, storage performance, and RAM performance. Experimental methods were used to test these four platforms and measure CPU performance, RAM performance, disk performance, throughput, and response time using Moodle benchmark. The data was then analyzed to draw conclusions about the performance of each platform. The research results show that VMware vSphere ESXi and Proxmox have better CPU performance and response time when handling multiple virtual machines, and are more efficient in disk and memory usage compared to VMware Workstation 16 and Oracle VirtualBox. Significant differences in data transfer speed were found among the four platforms. Overall, VMware vSphere ESXi and Proxmox can be considered better choices for running web servers.

Keyword: Server Virtualization, VMware Workstation 16, VMware vSphere ESXi, Oracle VirtualBox, Proxmox.

ABSTRAK

Dalam era digitalisasi yang semakin maju, infrastruktur server menjadi kunci dalam pengembangan aplikasi dan layanan web. Untuk mengatasi tantangan dalam mengelola dan mengembangkan server virtualisasi secara efektif dan efisien, teknik virtualisasi server dapat digunakan. Ada beberapa platform virtualisasi yang tersedia seperti VMware Workstation 16, VMware vSphere (ESXi), Oracle VirtualBox, dan Proxmox dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis performa empat platform virtualisasi dalam mengembangkan dan mengelola server virtualisasi yang digunakan untuk layanan web dengan mempertimbangkan waktu respons, throughput, performa CPU, performa penyimpanan, dan performa RAM. Metode eksperimental dilakukan dengan menguji keempat platform tersebut dan mengukur Performa CPU, Performa RAM, Performa Disk, Throughput, dan Waktu Respons dengan menggunakan moodle benchmark. Data kemudian dianalisis untuk kesimpulan tentang performa setiap platform. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VMware vSphere ESXi dan Proxmox memiliki kinerja CPU dan waktu respons yang lebih baik ketika menangani banyak Virtual Machine serta lebih efisien dalam penggunaan disk dan memori dibandingkan dengan VMware Workstation 16 dan Oracle VirtualBox. Berdasarkan hasil pengujian terdapat perbedaan yang signifikan dalam hal kecepatan transfer data antara keempat platform. Secara keseluruhan, VMware vSphere ESXi dan Proxmox dapat dianggap sebagai pilihan yang lebih baik untuk menjalankan web server.

Kata Kunci: Virtualisasi Server, VMware Workstation 16, VMware vSphere ESXi, Oracle VirtualBox, Proxmox.

PENDAHULUAN

Di era digitalisasi yang semakin maju, kebutuhan akan infrastruktur server meningkat dengan cepat, terutama dalam pengembangan aplikasi dan

layanan web. Namun, kebutuhan ini seringkali diiringi oleh tantangan dalam mengelola dan mengembangkan virtualisasi server yang efektif dan efisien. Seiring dengan bertambahnya kebutuhan akan informasi,

kebutuhan akan server dan jenis perangkat keras lainnya akan terus meningkat. Hal ini dapat menyulitkan administrator server untuk mengelola semua server, dan membelinya dapat mahal, selain menyediakan ruang server dan mengupgrade peralatan. Oleh karena itu, diperlukan server baru dan ruang penyimpanan yang lebih besar setiap kali sistem informasi atau aplikasi baru diperkenalkan (Widarma & Handika Siregar, 2019).

Untuk mengatasi tantangan pengelolaan dan pengembangan server secara efektif dan efisien, virtualisasi server merupakan solusi yang dapat digunakan (Dammara, Adam, & Pranata, 2023). Teknik virtualisasi server yaitu mempartisi satu perangkat server menjadi beberapa server. Dalam era Cloud Computing, penyedia layanan cloud seperti IaaS, PaaS, dan SaaS menggunakan gagasan virtualisasi sebagai metode pemrosesan. Dalam hal ini, penyedia layanan memberikan sumber daya secara dinamis dengan memanfaatkan media internet virtual (Marta, Putra, & Barovich, 2019).

Ada beberapa platform virtualisasi yang dapat dipakai untuk mengembangkan dan mengelola virtualisasi server, seperti VMware Workstation 16, VMware vSphere (ESXi), Oracle VirtualBox, dan Proxmox. Setiap platform virtualisasi ini memiliki kelebihan dan kekurangan sendiri, oleh karena itu, diperlukan analisis kinerja untuk menentukan platform mana yang paling cocok untuk virtualisasi server tertentu.

Maka dari itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis kinerja pada empat platform virtualisasi server yaitu VMware Workstation 16, VMware vSphere (ESXi), Oracle VirtualBox, dan Proxmox. Analisis kinerja ini dilakukan dengan membandingkan kinerja web server yang dijalankan pada keempat platform virtualisasi tersebut dengan mempertimbangkan waktu respons (response time), laju transfer data (throughput), kinerja CPU, kinerja storage, dan kinerja RAM menggunakan Moodle Benchmark.

KAJIAN LITERATUR

Virtualisasi Server

Virtualisasi atau *Virtualization* adalah suatu teknik atau metode untuk membuat suatu objek menjadi virtual, tidak seperti bentuk fisiknya yang sebenarnya. Virtualisasi juga dapat digunakan untuk membuat emulasi perangkat keras komputer dengan cara menyembunyikan perangkat keras yang sebenarnya atau bahkan menciptakan perangkat yang sebenarnya tidak ada menjadi ada. Ada tiga pendekatan

virtualisasi yang dapat digunakan untuk membuat server virtual, yaitu partial virtualization, hardware-assisted virtualization, dan hardware-assisted virtualization dengan overhead yang rendah untuk meningkatkan skalabilitas sistem operasi tamu. Partial virtualization adalah bentuk virtualisasi pada sebagian dari perangkat keras, sedangkan hardware-assisted virtualization didukung oleh hardware khusus untuk meningkatkan kinerja proses virtualisasi (Dwiyatno, Rachmat, & Gustiawan, 2020).

VMware Workstation 16

VMware Workstation memiliki arsitektur yang di-host untuk memvirtualisasikan I/O, yang memungkinkannya berdampingan dengan sistem operasi host yang sudah ada sebelumnya. Dalam arsitektur ini, terdapat tiga bagian utama: VMApp, VMDriver, dan VMM. VMApp adalah aplikasi sederhana yang memungkinkan pengguna untuk menginstal sistem operasi lain di dalamnya. Aplikasi ini menggunakan driver (VMDriver) yang dimuat ke dalam sistem operasi host untuk menetapkan hak akses untuk monitor mesin virtual (VMM). Mesin virtual ini dijalankan langsung pada perangkat keras, sehingga setiap prosesor fisik dapat menjalankan baik dunia host atau dunia VMM. VMDriver memungkinkan transfer kontrol antara kedua dunia tersebut, namun peralihan dunia ini lebih berat daripada peralihan normal dan dapat memperkenalkan overhead pada CPU. Dengan demikian, peralihan dunia harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak mengganggu performa sistem secara keseluruhan (Ferrer, 2021).

Proxmox VE

Sistem operasi yang disebut Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE) dapat membangun mesin virtual yang menjalankan Windows dan Linux. Untuk membantu teknologi informasi yang berkaitan dengan manajemen penyimpanan, mesin virtual ini sering digunakan sebagai wadah untuk mesin virtual sistem operasi. Karena sistem operasi ini bersifat terbuka (open source), maka lebih populer di kalangan pengelola atau pengolah penyimpanan data. Untuk membangun, menjalankan, dan mengelola mesin virtual, Proxmox VE adalah fork dari sistem operasi Debian dengan kernel RHEL yang ditingkatkan. Selain itu, Proxmox VE memungkinkan virtualisasi penuh menggunakan KVM dan OpenVZ, teknologi virtualisasi berbasis kontainer (Siregar, 2020).

Proxmox VE menggunakan dua teknologi virtualisasi yaitu Container Virtualization dan Full Virtualization. Container Virtualization yang disebut

juga OpenVZ, cocok digunakan untuk menjalankan server linux karena dapat membuat beberapa container yang secure dan terisolasi (CT, VE atau VPS). Setiap container dapat di-reboot secara independen dan memiliki akses super user, IP address, memori, proses, file, aplikasi, system library, dan konfigurasi tersendiri. Sedangkan Full Virtualization (KVM) adalah solusi virtualisasi penuh untuk hardware berbasis x86 dengan ekstensi virtualisasi (Intel VT atau AMDV CPU). Setiap virtual machine memiliki hardware pribadi yang virtual seperti network card, disk, adapter grafis, dll. KVM mirip dengan XEN, tetapi KVM merupakan bagian dari Linux dan menggunakan system scheduler dan memory management regular dari Linux (Firmansyah, Winarno, & Pramono, 2019).

Oracle VirtualBox

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 (Pandey, 2020).

VMware vSphere Platform (ESXi)

VMware vSphere Platform (ESXi) merupakan sebuah platform virtualisasi yang dikembangkan oleh VMware yang memungkinkan beberapa mesin virtual berjalan pada satu perangkat keras fisik. Dalam lingkungan bisnis, VMware vSphere digunakan untuk mengelola pusat data virtual dan memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengalokasikan sumber daya server secara fleksibel sesuai dengan kebutuhan bisnis. Namun, keamanan VMware ESXi masih kurang dievaluasi secara menyeluruh. Rantai eksploitasi mereka adalah demonstrasi publik pertama dari sebuah virtual machine escape melawan VMware ESXi. Hasil penelitian ini sangat penting bagi para profesional IT dan peneliti keamanan yang menggunakan VMware ESXi di lingkungan virtualisasi mereka (Zhao, Zhang, Yang, & Kim, 2019).

Moodle Benchmark

Moodle adalah sebuah platform LMS yang dibuat dengan tujuan untuk mengembangkan dan berbagi materi pendidikan secara daring. Nama Moodle diambil dari singkatan “Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment”. Moodle dirancang untuk memberikan pendidik, administrator, dan pelajar satu sistem yang kuat, aman, dan terintegrasi untuk menciptakan lingkungan belajar yang dapat dipersonalisasi. Moodle dapat dikembangkan dan digunakan secara bebas karena pengembangannya yang bersifat bebas dan memiliki kode sumber terbuka. Moodle unggul dari LMS yang lain selain karena fitur-fiturnya yang bagus juga karena dapat digunakan tanpa biaya (Jepriana, 2023).

METODE PENELITIAN

Dalam metode eksperimental yang digunakan dalam penelitian ini, peneliti melakukan pengujian terhadap empat platform yang berbeda, yaitu VMware vSphere (ESXi), Proxmox, Oracle VirtualBox, dan VMware Workstation 16. Komponen pengujian yang menjadi pertimbangan adalah penggunaan Performa CPU, Performa RAM, Performa Disk, *Throughtput*, dan *Response Time* pada setiap virtual machine yang dijalankan pada masing-masing platform dengan menggunakan Moodle Benchmark. Data diambil dalam 3 kali pengulangan untuk setiap pengujian. Pada pengujian performa CPU, RAM dan Disk dengan cara melakukan install os secara bersamaan mulai dari 2VM sampai dengan 20VM. Untuk pengujian *Throughtput* dengan cara melakukan upload dan download file size 100MB secara bersamaan terhadap 4 platform.

Sedangkan pengujian *Response Time* dengan cara melakukan *request* 1500 terhadap 10 client.

Untuk melaksanakan metode eksperimental ini, peneliti melakukan pengujian dengan menjalankan virtual machine pada masing-masing platform dan memantau penggunaan sumber daya CPU, RAM, *Disk*, *Throughput*, dan *Response Time* pada setiap virtual machine. Peneliti melakukan pengujian dengan variasi jumlah virtual machine pada setiap platform untuk mengamati bagaimana penggunaan sumber daya akan berubah ketika jumlah virtual machine ditingkatkan.

Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis untuk menarik kesimpulan tentang kinerja masing-masing platform dalam hal penggunaan sumber daya CPU, RAM, *Disk*, *Throughput*, dan *Response Time*. Dari hasil analisis tersebut yang telah diajukan dan ditentukan mana platform terbaik untuk kebutuhan penggunaan sumber daya CPU, RAM, *Disk*, *Throughput*, dan *Response Time*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan Sistem

Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan seperti pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Alat dan Bahan

<i>Software</i>	<i>Hardware</i>
<i>Proxmox VE 7.2 , Vmware vSphere Platform (ESXi) 7.0U3l</i>	<i>Processor AMD Athlon Gold 3050U With Radeon Graphics (2 CPUs), 2,3 GHz</i>
<i>Oracle VirtualBox 7.0 , Vmware Workstation 16</i>	SSD 500GB
<i>Ubuntu 22.04 LTS</i>	RAM 8GB

Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan moodle benchmark diperoleh data seperti tabel-tabel berikut:

Tabel 2. Hasil dari Pengujian *Response Time* dengan melakukan 1500 Request

Rincian Pengujian	<i>Average response time (s)</i>	<i>Average latency (ms)</i>
VMware vSphere (ESXi)	0,09	17,6
VMware Workstation 16	0,11	17,1

Oracle VirtualBox	0,11	17,3
Proxmox	0,09	17,2

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa platform virtualisasi VMware xSphere EXSi dan Proxmox memiliki kinerja respons waktu yang lebih baik daripada VMware Workstation 16 dan Oracle VirtualBox. Kedua platform tersebut memiliki nilai rata-rata respons waktu yang sama yaitu 0,09 detik dan rata-rata latency yang hampir sama yaitu 17,6 milidetik untuk VMware xSphere EXSi dan 17,2 milidetik untuk Proxmox. Sementara itu, VMware Workstation 16 dan Oracle VirtualBox memiliki nilai rata-rata respons waktu yang sama yaitu 0,11 detik dan rata-rata latency yang hampir sama yaitu 17,1 milidetik dan 17,3 milidetik.

Secara keseluruhan, keempat platform virtualisasi mampu memberikan performa yang baik dalam menjalankan web server. Namun, VMware xSphere EXSi dan Proxmox dapat dianggap sebagai platform virtualisasi yang lebih unggul dalam hal kinerja respons waktu dan latency dibandingkan dengan VMware Workstation 16 dan Oracle VirtualBox.

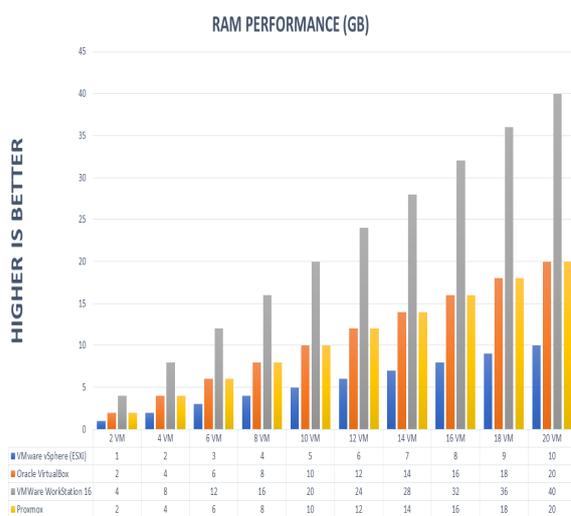
Tabel 3. Hasil dari pengujian *Throughput* dengan melakukan upload dan download file size 100MB secara bersamaan menggunakan *moodle benchmark*

		<i>Throughput (MB/s)</i>	
Rincian Pengujian	Upload	VMware vSphere (ESXi)	97,7
		Proxmox	97,6
		Oracle VirtualBox	96,4
		VMware Workstation 16	95,9
	Download	VMware vSphere (ESXi)	99,3
		Proxmox	99,2
		Oracle VirtualBox	98,1
		VMware Workstation 16	97,7

Hasil Pengujian *throughput* dengan *moodle benchmark* pada empat platform virtualisasi yaitu

VMware vSphere Platform (ESXi), Proxmox, Oracle VirtualBox, dan VMware Workstation dilakukan dengan mengirimkan data dalam bentuk upload dan download file sebesar 100 MB oleh 10 klien secara bersamaan pada mesin virtual. Dari hasil pengujian ini, didapatkan kecepatan transfer data untuk masing-masing platform virtualisasi. VMware vSphere Platform (ESXi) dan Proxmox memiliki kecepatan transfer data yang sama untuk upload dan download file yaitu 97,7 MB/s untuk upload dan 99,3 MB/s untuk download. Sedangkan Oracle VirtualBox memiliki kecepatan transfer data untuk upload sebesar 96,4 MB/s dan untuk download sebesar 98,1 MB/s. VMware Workstation memiliki kecepatan transfer data untuk upload sebesar 95,9 MB/s dan untuk download sebesar 97,7 MB/s.

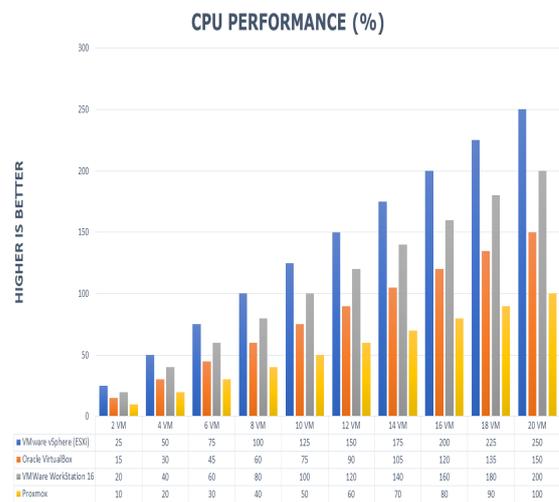
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kecepatan transfer data pada platform VMware vSphere (ESXi) dan Oracle Proxmox lebih cepat dibandingkan dengan platform VirtualBox dan VMware Workstation. Namun, perbedaan kecepatan transfer data tersebut tidak terlalu signifikan. Pengujian ini memberikan gambaran mengenai performa platform virtualisasi dalam melakukan transfer data pada lingkungan virtual, namun perlu diperhatikan bahwa performa ini dapat dipengaruhi oleh konfigurasi hardware dan software yang digunakan serta lingkungan di mana platform virtualisasi dijalankan.



Gambar 1. RAM Performance

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa VMware xSphere EXSi, Proxmox, Oracle VirtualBox dan VMWare Workstation 16 memiliki performa RAM berbeda-beda. Proxmox memiliki kapasitas memori

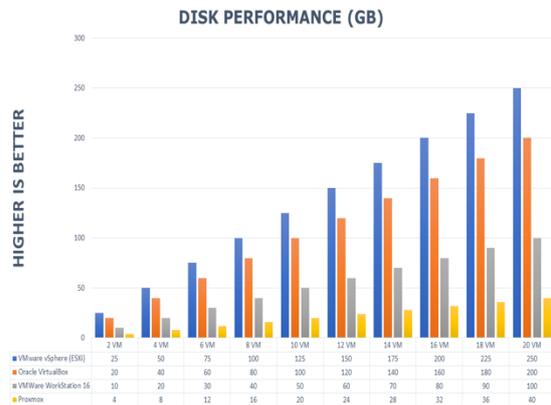
yang paling efisien dan bagus. Proxmox memungkinkan pengguna untuk mengatur konfigurasi memori secara individual untuk setiap mesin virtual, sementara VMWare Workstation 16 memerlukan lebih banyak memori untuk menjalankan mesin virtual. Oracle VirtualBox juga memiliki kapasitas memori yang cukup efisien, tetapi tidak sebaik Proxmox. VMware vSphere Platform (ESXi) memiliki kapasitas memori yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan Proxmox.



Gambar 2. CPU Performance

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa VMware xSphere EXSi, Proxmox, dan VMWare Workstation 16 memiliki performa CPU yang lebih baik daripada Oracle VirtualBox. Hal ini dapat dilihat dari persentase penggunaan CPU yang semakin meningkat seiring dengan jumlah VM yang ditambahkan. Secara spesifik, VMware xSphere EXSi dan Proxmox menunjukkan kinerja CPU yang lebih unggul dibandingkan VMWare Workstation 16. Pada 20 VM, VMware xSphere EXSi memiliki penggunaan CPU sebesar 250%, sedangkan Proxmox memiliki penggunaan CPU sebesar 100%. VMWare Workstation 16 hanya mampu menangani 20 VM dengan penggunaan CPU sebesar 200%.

Kesimpulannya dalam hal kinerja CPU, VMware xSphere EXSi dan Proxmox adalah pilihan yang lebih baik daripada VMWare Workstation 16 dan Oracle VirtualBox ketika harus menangani banyak VM secara bersamaan. Namun, perlu dicatat bahwa selain kinerja CPU, masih ada faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam memilih platform virtualisasi yang sesuai, seperti ketersediaan fitur, kemudahan penggunaan, dan harga.



Gambar 3. Disk Performance

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa VMware xSphere EXSi, Proxmox, Oracle VirtualBox dan VMWare Workstation 16 memiliki performa berbeda-beda. Dari jumlah VM yang diberikan, Proxmox memiliki performa Disk yang paling efisien dibandingkan dengan VMware xSphere EXSi, VMware Workstation dan Oracle VirtualBox. Proxmox membutuhkan rata-rata 4GB Disk untuk setiap VM yang dibangun, sementara VMware xSphere EXSi membutuhkan rata-rata 25GB Disk untuk setiap VM yang dibangun dan Oracle VirtualBox membutuhkan rata-rata 20GB Disk untuk setiap VM yang dibangun. VMWare Workstation 16 membutuhkan rata-rata 10GB Disk untuk setiap VM yang dibangun. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa Proxmox adalah platform yang paling efisien untuk membangun virtualisasi server sebab proxmox memerlukan jumlah disk yang lebih kecil dibandingkan platform virtualisasi lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh kesimpulan sebagai berikut VMware xSphere EXSi dan Proxmox lebih unggul dalam hal kinerja CPU dan respons waktu ketika menangani banyak Virtual Machine, serta lebih efisien dalam penggunaan disk dan memori dibandingkan VMware Workstation 16 dan Oracle VirtualBox. Dalam hal kecepatan transfer data, perbedaan antara keempat platform tidak signifikan. Secara keseluruhan, VMware xSphere EXSi dan Proxmox dapat dianggap sebagai pilihan yang lebih baik untuk menjalankan web server, tetapi pemilihan platform yang tepat harus disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi spesifik pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

Dammara, A. B., Adam, I. F., & Pranata, M. (2023). Analisis Perbandingan Kinerja Virtualisasi Server Menggunakan Proxmox Dan Vmware Esxi (Studi Kasus : Virtualisasi Server Untuk Penggunaan Moodle). *Jurnal Teknoinfo*, 17(1), 102–111. <https://doi.org/10.33365/jti.v17i1.2060>

Dwiyatno, S., Rachmat, E., & Gustiawan, O. (2020). Implementasi Virtualisasi Server Berbasis Docker Container. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 7(2), 165–175. <https://doi.org/10.30656/prosisko.v7i2.2520>

Ferrer, M. (2021). Measuring Overhead Introduced by VMWare Workstation Hosted Virtual Machine Monitor Network Subsystem.

Firmansyah, Y. C., Winarno, W. W., & Pramono, E. (2019). Analisis Teknologi Virtual Mesin Proxmox Dalam Rangka Persiapan Infrastruktur Server (Studi Kasus: Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta). *Jurnal Informa : Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 5(3), 69–72. <https://doi.org/10.46808/informa.v5i3.149>

Jepriana, I. W. (2023). Analisis Performa E-Learning Berbasis Moodle Berjalan Di Server Rendah Biaya Stb Fiberhome HG680-P I. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 120–124.

Marta, D., Putra, M. A. E., & Barovich, G. (2019). Analisis Perbandingan Performa Virtualisasi Server Sebagai Basis Layanan Infrastructure As A Service Pada Jaringan Cloud. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.30812/matrik.v19i1.433>

Pandey, R. (2020). Comparing VMware Fusion, OracleVirtualBox, Parallels Desktop implemented as Type-2 hypervisors. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17080.78087>

Siregar, S. R. (2020). Efisiensi Fisik Komputer Server dengan Menerapkan Proxmox Virtual Environment Saidi. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 1(2), 83–87.

Widarma, A., & Handika Siregar, Y. (2019). Analisis Kinerja Teknologi Virtualisasi Server (Study Kasus : Universitas Asahan). *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan Ke-3 2019*, 688–698.

Zhao, H., Zhang, Y., Yang, K., & Kim, T. (2019). Breaking Turtles All the Way Down: An Exploitation Chain to Break out of VMware ESXi.