

## OPTIMALISASI PENGGUNAAN HARDWARE SERVER MEMPERGUNAKAN VIRTUALISASI SERVER DI SMAN 1 WONOSARI

Sriyanta<sup>1)</sup>, Wing Wahyu Winarno<sup>2)</sup>, Sudarmawan<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Teknik Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta

<sup>2,3</sup>Dosen Universitas AMIKOM Yogyakarta

Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta

Jl. Ring Road Utara, Condong Catur, Sleman, Yogyakarta 55281

Email : <sup>1</sup>sriyanta@sma1wonosari.sch.id, <sup>2</sup>wing@amikom.ac.id, <sup>3</sup>sudarmawan@amikom.ac.id

### Abstract

*The development of computer hardware progress is faster than software development, thus optimizing the use of hardware to achieve effectiveness and efficiency without reducing service to be things to consider. Schools with high specification hardware can be optimized for their use. One of the steps that can be taken to optimize the hardware is using virtual machine technology known as hypervisor. Virtual machine that functioned as a server called a virtual server. There are services from several independent server units that can be used in this technology. In addition to running it's own service, the host server also run the virtual server services.*

*The results of this study provide data from optimization of server utilization using virtual server as performance analysis, either from server host or virtual server. In general words by using virtual server technology can made server management by the school is relatively more simple and easier. It tend affects to the effective and efficient use of school resources in providing the services.*

**Keywords:** server virtual, performance analysis, optimization, host server, hypervisor

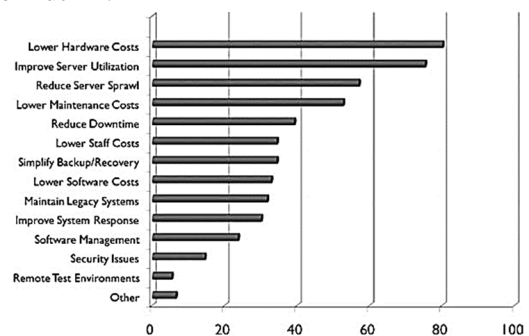
### 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data perkembangan hardware dan software yang dapat diakses di laman <http://www.computerhistory.org/timeline>, ternyata hardware komputer memiliki perkembangan yang lebih pesat dibandingkan dengan perkembangan software. Pada suatu waktu, spesifikasi hardware yang ada melebihi spesifikasi standar dari suatu software yang dipergunakan. Di lain sisi, tuntutan pemanfaatan hardware yang hemat energi/ramah lingkungan (*green*) juga semakin mendesak. Idealnya, dengan mempergunakan hardware yang hemat energi namun mampu mengakomodasi kebutuhan-kebutuhan layanan yang ada.

Tantangan yang dihadapi saat ini diantaranya adalah bagaimana dengan hardware yang seminimal mungkin akan mampu melayani dengan optimal. Hampir semua institusi diharapkan melakukan efisiensi agar mencapai tujuan tersebut. Padahal, beberapa institusi, misalnya institusi pendidikan, kebutuhan pemenuhan layanan hardware karena tuntutan beraneka-ragam

aplikasi dari pemerintah juga semakin besar di tengah terbatasnya dukungan anggaran.

Salah satu alternatif yang dapat diambil untuk memenuhi kebutuhan di atas adalah dengan memanfaatkan teknologi virtual machine (VM). VM sudah lazim dipergunakan, terbukti dari banyaknya penelitian tentang hal tersebut. Ruest (2009) menyebutkan bahwa sebagian besar alasan penggunaan VM berkaitan dengan efisiensi dana, seperti yang tercantum dalam gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Alasan pemanfaatan virtualisasi komputer (Ruest, 2009)

Gambar 1. di atas menunjukkan bahwa alasan biaya, meliputi pengadaan hardware, biaya pemeliharaan, upah karyawan, dan biaya software mendominasi. Sedangkan berkaitan dengan infrastruktur, yakni meningkatkan pemanfaatan server, mengurangi downtime, dan menyederhanakan backup/recovery menjadi alasan berikutnya. Kondisi yang sama juga terjadi di SMAN 1 Wonosari yang merupakan sekolah rujukan di DIY. Layanan aplikasi yang ada antara lain: sistem informasi perpustakaan, Dapodik, e-raport, dan e-Learning. Layanan-layanan tersebut sementara ini dibuat pada komputer PC biasa dengan spesifikasi terbatas dan penempatan server yang menyebar di beberapa lokasi.

Akan sangat bagus bila server-server tersebut ditempatkan pada lokasi tertentu yang representatif. Kondisi server mudah dipantau dan keamanan fisik dapat dialokasikan lebih. Kondisi ideal bila server yang dipergunakan adalah server yang memiliki kinerja tinggi, optimal pemanfaatannya, dan biaya yang sekecil mungkin.

Penelitian terdahulu dapat dipergunakan sebagai referensi untuk mencapai kondisi ideal tersebut. Kumar dan Charu (2015), telah melakukan perbandingan cloud computing atau virtualisasi sebagai alternatif. Perbandingan antara cloud computing dan virtualisasi dalam tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Perbandingan cloud computing dan virtualisasi (Kumar dan Charu, 2015)

Cloud computing	Virtualisasi
Sumber daya <i>resources as a service</i> (RaaS) melalui jaringan	Bagian dari infrastruktur logis
Lebih cenderung sebagai alat daripada teknologi spesifik	Tidak menunjukkan lapisan <i>customer a self-service</i> sehingga tidak dapat disebut sebagai <i>compute as a service</i> (CaaS)
Suatu pendekatan pelayanan kepada pengguna akhir	Satu layanan yang dapat dipergunakan
Tidak ada tanpa virtualisasi - minimal tidak dalam format saat ini	Dapat berjalan tanpa cloud

Cloud computing menggunakan sumber daya tersebut ke tingkat lain dengan memberikan akses ke komponen tersebut sesuai permintaan sebagai layanan, sehingga mengurangi kerumitan bagi pengguna akhir, biaya, dan beban	Virtualisasi memungkinkan institusi untuk memanfaatkan dan menggunakan sumber daya TI secara efektif
--	--

Demi layanan yang baik, dengan memilih server mandiri akan berakibat pada anggaran dan berdasar data tabel 1.3 di atas, maka solusi dari permasalahan yang dihadapi adalah dengan memanfaatkan teknologi *virtual machine* (VM) dengan membuat *virtual server*.

## 2. METODE PENELITIAN

### a. Virtual Machine

Pengertian virtual machine (VM) adalah merupakan sebuah mesin yang mempunyai dasar logika yang menggunakan pendekatan lapisan-lapisan (layers) dari sistem komputer. Menurut *Fiuczynski (2009)* “Virtual machine adalah sebuah perangkat lunak yang mengimplementasikan sistem komputer dan menjalankan beberapa intruksi fisik mesin”.

Menurut Hafni (2013), konsep dasar dari VM ini tidak jauh berbeda dengan pendekatan berlapis, hanya saja konsep ini memberikan sedikit tambahan berupa antarmuka yang menghubungkan perangkat keras dengan kernel untuk tiap-tiap proses.

Rule dan Dittner (2007) menyebutkan ada tiga jenis virtualisasi yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan. Ketiga jenis virtualisasi tersebut adalah:

#### 1) Virtualisasi penuh (*Full virtualization*)

Virtualisasi penuh dalam ilmu komputer ialah teknik virtualisasi yang digunakan untuk implementasi pada berbagai macam lingkungan VM, dimana pada virtualisasi penuh menyediakan simulasi lengkap dari perangkat keras. Simulasi lengkap ini menyebabkan semua perangkat lunak yang bisa dieksekusi langsung pada

perangkat keras dieksekusi juga pada VM, termasuk semua sistem operasi.

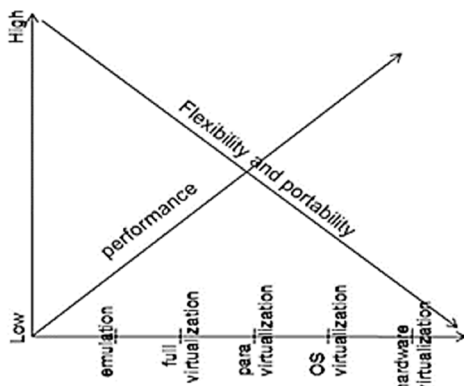
2) Virtualisasi paruh (*Para virtualization*)

Virtualisasi paruh dalam ilmu komputer ialah teknik virtualisasi yang digunakan untuk pengimplementasian pada berbagai macam lingkungan VM, yang mana pada virtualisasi paruh ini lingkungan VM hanya menyediakan simulasi perangkat keras secara sebagian saja. Tidak semua fitur perangkat keras disimulasikan sehingga tidak semua perangkat lunak dapat berjalan tanpa dimodifikasi terlebih dahulu.

3) Virtualisasi asli (*Native virtualization*)

Virtualisasi asli adalah teknik VM yang digunakan untuk mensimulasikan suatu environment perangkat keras lengkap supaya sistem operasi yang tidak dimodifikasi dapat dijalankan untuk tipe CPU yang sama terisolasi lengkap di dalam wadah VM. Virtualisasi asli memanfaatkan kemampuan bantuan perangkat keras yang tersedia di dalam prosesor-prosesor termutakhir dari Intel (Intel VT) dan Advanced Micro Devices (AMD-V) untuk menyediakan kinerja yang mendekati sistem aslinya.

Suresh dan Kannan (2014) menyampaikan visualisasi jenis-jenis virtualisasi tersebut dalam sebuah grafik seperti yang ditampilkan pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Kinerja relatif dan fleksibilitas relatif dalam teknik virtualisasi (Suresh dan Kannan, 2014)

Virtualisasi penuh berada dalam posisi kinerja (*performance*) cenderung rendah, namun memiliki fleksibilitas yang tinggi. Kinerja paling tinggi dapat diperoleh dengan virtualisasi hardware, namun tidak fleksibel. Pemakai pemula, sementara dihadapkan pada

pilihan fleksibilitas yang tinggi dulu. Selanjutnya menunggu hasil evaluasi, akankah lanjut dengan fleksibilitas yang tinggi atau akan berganti ke sistem dengan kinerja yang tinggi.

**b. VirtualBox**

Prakash dan Mohan (2013) menyebutkan bahwa Oracle VM VirtualBox adalah paket perangkat lunak virtualisasi open source x86 lintas platform, yang sekarang dikembangkan oleh Oracle Corporation sebagai bagian dari keluarga produk virtualisasi. VirtualBox adalah *hosted* hypervisor. Pada tingkat yang sangat besar, VirtualBox secara fungsional identik pada semua platform host, file, dan *image*. Hal ini memungkinkan untuk menjalankan VM yang dibuat di satu host pada host lain dengan sistem operasi host yang berbeda, misalnya VM dibuat pada Windows dan kemudian dijalankan di Linux.

VirtualBox termasuk jenis virtualisasi penuh dan dapat membangun bentuk jaringan yaitu LAN (*Local Area Network*) yang tidak membutuhkan perangkat yang banyak. VirtualBox ini adalah solusi virtualisasi untuk hardware x86 maupun x64 yang ekstensi virtualisasi (Intel VT atau AMD-V). Rayamajhi (2015) membuat perbandingan teknis antara VMWare dan VirtualBox seperti tercantum dalam tabel 2 berikut:

Tabel 2. Perbandingan teknis VMWare dan VirtualBox (Rayamajhi, 2015)

	VMWare	VBo x
Host OS support		●
VM editing		●
USB support	●	
Range of virtual hardisk		●
Remote connection		●
VM cloning		●
Graphics	●	
CMD line		●
Teleportation		●
OVF support	●	

keterangan: ● memiliki kelebihan

**c. Uji Overhead**

Adji, Nggilu, dan Sumaryono (2013) menyatakan bahwa skalabilitas adalah kemampuan untuk meningkatkan kinerja

sistem secara bertahap sesuai dengan beban kerja dengan meningkatkan jumlah sumber daya. Overhead karena mekanisme virtualisasi dapat dievaluasi dengan cara membandingkan waktu eksekusi dari aplikasi yang berjalan pada sistem operasi yang tidak tervirtualisasi ( $T_a$ ) dengan waktu eksekusi dari aplikasi yang sama dijalankan dalam mesin tunggal ( $T_{av}$ ). Overhead dapat diabaikan untuk sebuah VM dan menjadi signifikan ketika beberapa VM berjalan bersamaan, rumusnya adalah:

$$O_v = T_{av} - T_a \dots \dots \dots (2.1)$$

Sementara itu,  $T_a$  juga dibandingkan dengan  $T_{avn}$  ketika sejumlah VM  $n$  berjalan bersamaan. Dalam skenario ini, hanya satu VM yang menjalankan aplikasi; sedangkan  $n-1$  VM lainnya tidak menjalankan aplikasi apapun.

$$O_{vn} = T_{avn} - T_a \dots \dots \dots (2.2)$$

di mana  $O_{vn}$  = overhead virtualisasi dan  $T_{avn}$  = waktu eksekusi untuk  $n$  VM.

**d. Uji Kinerja**

Banyak aplikasi uji kinerja yang dapat dipergunakan untuk menguji kinerja sistem yang kita miliki, misalnya 3D Mark, PC Mark, SCI Mark, Passmark, dan lain-lain. Namun Hubber, dkk (2012) dan Prakash dan Mohan (2013) lebih suka mempergunakan Passmark dibandingkan dengan aplikasi lain. Passmark memiliki versi *evaluation* dan versi berbayar, versi *evaluation* hanya aktif dalam waktu 30 hari.

Fasilitas uji kinerja yang dimiliki Passmark termasuk lengkap, garis besar uji kinerja pada CPU, grafis 2D, grafis 3D, memori, dan hardisk. Sub komponen dari uji kinerja CPU meliputi uji integer, uji *floating point*, uji bilangan prima, uji SSE, uji kompresi, uji enkripsi, uji fisik, uji pengurutan, dan uji *single threaded*. Sub komponen uji memori meliputi uji operasi database, uji membaca *cached*, uji membaca *unchached*, uji tulis, uji RAM tersisa, uji *latency*, dan uji *threaded*. Sub komponen uji disk meliputi uji membaca sekuensial, uji menulis sekuensial, dan uji *random seek RW*.

**e. Jenis, Sifat, dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode simulasi dan eksperimen. Dimulai dengan

perancangan optimalisasi, pemodelan, dan pengujian di SMAN 1 Wonosari. Simulasi dilaksanakan di ruang server SMAN 1 Wonosari dengan melakukan uji kinerja terhadap server fisik maupun terhadap VM.

**f. Metode Pengumpulan Data**

Data-data diperoleh berupa analisis kinerja server dan pantauan server saat diakses layanannya. Server diuji kinerjanya dengan overhead (manual), memantau kinerja lewat aplikasi internal sistem operasi windows (*resource monitor*), dan uji kinerja mempergunakan aplikasi Passmark. Catatan kinerja dibuat dan diolah pada aplikasi spreadsheet. Data berupa catatan waktu (uji overhead manual), skor pengujian Passmark, dan bentuk tangkapan layar (*screenshot*) tampilan aplikasi maupun tampilan uji kinerja. Server fisik untuk virtualisasi adalah Server Rainer dengan prosesor dual Intel Xeon, RAM 8 GB, HDD 750 GB, hypervisor VirtualBox. Server ini memiliki total 24 core. Server native (fisik sebagai referensi) adalah HP Pavillion P6000 dengan prosesor Intel i5 (4 core), RAM 2 GB, HDD 1 TB. VM yang dibuat mempergunakan setting seperti server native, yakni 4 core, RAM 2 GB, VHD yang dibuat dengan alokasi dinamik 160 GB. Server fisik maksimal mampu menjalankan tiga buah VM sesuai setting di atas secara bersamaan.

Uji overhead manual adalah dengan cara mengkopikan file ke server native, host, dan VM kemudian menghitung waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan job tersebut. Cara sederhana mengkopikan file dengan Windows Explorer dan memanfaatkan fasilitas *easy folder sharing*. Percobaan dilakukan sebanyak lima kali dan yang dipergunakan adalah rata-rata waktu. File yang dipergunakan adalah Hiren's.BootCD.15.2.iso, kapasitas 609.268 KB.

Uji kinerja mempergunakan aplikasi Passmark 8 dilakukan juga pada server native, host, dan VM. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dan mempergunakan hasil rata-rata untuk analisis data. Mengingat komponen uji kinerja yang banyak, maka yang dipergunakan adalah hasil uji kinerja secara umum untuk kemampuan CPU, memori, dan hardisk. Uji kinerja untuk grafis tidak dipergunakan.

**g. Metode Analisis Data**

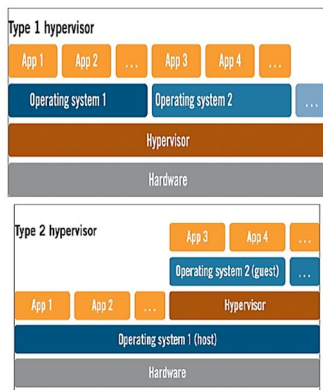
Data-data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis menggunakan aplikasi spreadsheet. Beberapa data dilakukan normalisasi agar lebih mudah melihat perbandingan ataupun perbedaannya. Guna mempermudah pemahaman, beberapa data ditampilkan dalam bentuk grafik.

**3. TINJAUAN PUSTAKA**

Penelitian-penelitian berikut dijadikan referensi berkaitan dengan pemanfaatan teknologi virtualisasi komputer:

Hafni (2013), telah melakukan penelitian tentang model antrian dalam analisis kinerja sistem virtual machine. Client yang digunakan satu unit dan virtualisasi menggunakan VMWare. Sistem lebih optimal 80% memproses sebanyak 50 job dibandingkan dengan sistem dalam memproses job lebih besar dari 50 job. Proses pengujian terhadap OS Linux lebih cepat 80% dalam pengujian job dibandingkan dengan OS Windows 7.

Sudha, dkk. (2013), telah melakukan penelitian tentang analisis kinerja dari *kernel-based virtual machine* untuk membandingkan kinerja 2 jenis hypervisor sesuai gambar 2 berikut:



Gambar 2. Jenis hypervisor (Sudha, 2013)

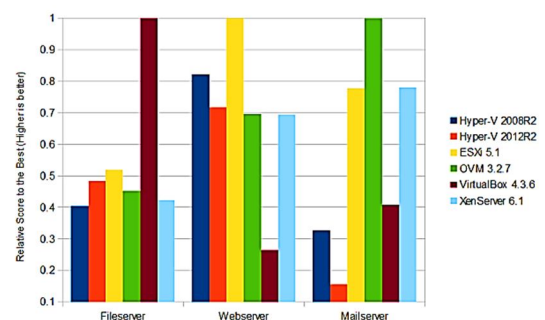
Virtual machine akan optimal bila beban kerja disesuaikan dengan *core*-nya, yakni hypervisor jenis 2. Hypervisor jenis 2 adalah hypervisor *full-virtualization*.

Prakash dan Mohan (2013), telah melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja virtual machine pada hypervisor jenis 2, yakni jenis *full virtualization*. Komparasi kinerja dilakukan pada hypervisor VMWare dan VirtualBox dengan menggunakan sistem

operasi host Linux Ubuntu 12.04 (LTS). Sedangkan perbandingan kinerja VM dilakukan pada OS Windows 7 dan Windows 8. Pada penelitian ini, VMWare memiliki keunggulan dibandingkan dengan Virtualbox. Sedangkan Windows 8 memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan Windows 7. Kombinasi terbaik adalah menggunakan hypervisor VMWare dan sistem operasi guest Windows 8.

Muhammad Soleh (2016), telah melakukan penelitian tentang analisis kinerja web server menggunakan Hyper-V, VMWare workstation, Openstack, dan Proxmox. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kinerja virtual web server menggunakan virtualisasi Hyper-V, VMWare Workstation, OpenStack, dan Proxmox. Prosedur yang dilakukan adalah dengan membandingkan kinerja mesin virtual sebelum diakses dan saat diakses. Ternyata, hasil penelitian ini menyatakan tidak ada perbedaan yang signifikan dari sisi kinerja berbagai virtualisasi tersebut.

Waldemar dan Adam (2016), telah melakukan penelitian tentang analisis performance dari hypervisor tertentu (Virtual Machine Monitors – VMMs). Hypervisor VirtualBox dijalankan pada sistem operasi host adalah Windows Server 2012 dengan menggunakan Ubuntu 12.04 (LTS) sebagai sistem operasi guest. Dari beberapa aspek yang dianalisis, meliputi CPU, NIC, kernel, HDD, dan memori, ternyata hypervisor versi lama memiliki kinerja lebih baik daripada kinerja hypervisor versi baru. Hasil skor pengujian dari beberapa hypervisor ditampilkan dalam gambar 3 berikut:



Gambar 3 Skor relatif dari beberapa hypervisor (Waldemar, 2016)

Kinerja terbaik ditampilkan oleh ESXi, sedangkan Hyper-V 2012R2 menunjukkan kinerja lebih rendah dari Hyper-V 2008R2.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada sumber daya yang dimiliki sekolah, utamanya server untuk UNBK yang selama ini hanya dimanfaatkan untuk rangkaian pelaksanaan UNBK saja, maka dilakukan uji kinerja pada server tersebut. Adapun hasil uji kinerja dapat dicermati pada subbab terdahulu yang menyatakan bahwa server UNBK yang dimiliki sekolah memiliki kemampuan untuk menjalankan program virtualisasi komputer. Virtualisasi komputer dimaksudkan untuk membuat server-server virtual yang dapat menjalankan program layanan sekolah, meliputi program e-learning, SLiMS (perpustakaan), dan e-Rapor. Ketiga layanan sekolah tersebut merupakan aplikasi berbasis web dengan jumlah akses tertentu sesuai kebutuhan. Sementara ini, layanan yang diakses paling banyak adalah layanan e-learning (LMS) yang dapat diakses bersamaan menggunakan empat laboratorium sekaligus (sekitar 120 client). Sedangkan layanan e-Rapor, sementara ini baru diperbolehkan diakses oleh guru saja (sekitar 54 guru); meskipun e-Rapor memiliki fasilitas untuk dapat diakses oleh siswa. Layanan SLiMS diakses oleh tiga pustakawan saja ditambah dengan beberapa akses pengunjung perpustakaan.

VirtualBox, hypervisor yang dipilih untuk virtualisasi pada penelitian ini, merupakan jenis virtualisasi penuh. Pemilihan VirtualBox berdasar pada kinerja yang bagus dan kemudahan pengoperasian, karena lebih dulu diperkenalkan untuk virtualisasi server ujian resmi dari pemerintah, misalnya Uji Kompetensi Guru (UKG) dan Ujian Nasional Berbasis Komputer (UNBK).

Uji kinerja pada server UNBK sebagai server host, mampu menjalankan tiga virtual server sekaligus dengan data-data yang dapat dicermati pada subbab terdahulu. Namun kondisi optimal, dimana kinerja server host tetap tinggi, maka server virtual yang sebaiknya dijalankan sebanyak dua VM saja. Sehingga server host masih dapat menjalankan layanan lain selain sebagai hypervisor.

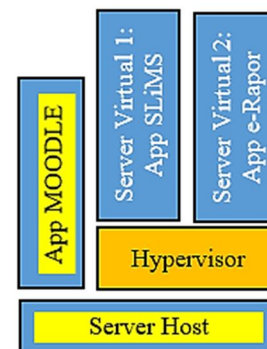
Uji beban pada server virtual menunjukkan bahwa layanan paling banyak membutuhkan sumber daya adalah layanan e-learning (LMS), yakni 27% CPU, kemudian layanan e-Rapor, yakni 5% CPU, dan terakhir adalah layanan SLiMS, yakni 1% CPU untuk

akses dari satu client. Berdasar data tersebut maka layanan e-learning membutuhkan lebih banyak sumber daya dan sumber daya paling besar dapat diperoleh bila dijalankan tidak pada server virtual, meskipun setting dari server virtual dapat diubah-ubah dengan mematikan VM terlebih dulu. Mematikan VM berarti ada waktu *down time*, untuk layanan di sekolah, *down time* tidak terlalu menjadi masalah.

Berdasar data yang telah diperoleh pada analisis kinerja di atas, maka setting konfigurasi server yang optimal adalah sebagai berikut:

- a. Server host menjalankan layanan e-learning LMS MOODLE
- b. Server virtual 1 menjalankan layanan SLiMS (perpustakaan)
- c. Server virtual 2 menjalankan layanan e-Rapor

Tampilan dari setting di atas seperti pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Setting server dengan dua virtualisasi server

#### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

##### a. Kesimpulan

Berdasar hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Server sekolah yang semula hanya dimanfaatkan untuk rangkaian pelaksanaan UNBK mampu menjalankan VM sebagai server virtual.
- 2) VM sebagai server virtual mampu menjalankan aplikasi layanan sekolah dengan beberapa keterbatasannya.
- 3) Setting server optimal dapat dilakukan dengan menjalankan dua server virtual, masing-masing untuk SLiMS (perpustakaan) dan e-Rapor; sedangkan

server host menjalankan layanan e-learning.

**b. Saran**

- 1) Menambah spesifikasi server host agar dapat mendukung banyak hypervisor.
- 2) Mengubah setting hypervisor saat layanan tertentu dalam server virtual mencapai puncaknya.

**6. REFERENSI**

**Pustaka Buku**

- Maclsaac, M., Hinson, B. & Peckover, L. 2008. *The Virtualization Cookbook For Red Hat Enterprise*, Fisrt Edition, IBM Corp.
- Ruest, D. & Ruest, N., 2009, *Virtualisasi A Beginner's Guide*, McGraw-Hill Companies, New York
- Rule, David; Dittner, Rogier, 2007, *The Best Damn Server Virtualization Book Period*, Syngress Publishing Inc, USA
- Stallings W., 2012. *Operating Systems: Internals and Design Principles*, Seventh Edition, Prentice Hall.
- Xiao-Feng Li, 2017, *Advanced Design and Implementation of Virtual Machine*, CRC Press, UK

**Pustaka Majalah, Jurnal Ilmiah atau Prosiding**

- Adji, Teguh Bharata; Nggilu, Faisal Suryadi; Sumaryono, Sujoko, 2013, *Overhead Analysis as One Factor Scalibility of Private Cloud Computing for IAAS Service*, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 5, May-2013
- Asosheh, Abbas; Dannesh, Mohammad Hossein, 2008, *Comparison of OS Level and Hypervisor Server Virtualization*, 8th WSEAS International Conference on SYSTEMS THEORY and SCIENTIFIC COMPUTATION (ISTASC'08), Rhodes, Greece, August 20-22, 2008
- Huber, Nikolaus; von Quast, Marcel; Brosig, Fabian; Hauck, Michael; Kounev, Samuel, 2013, *A Method for Experimental Analysis and Modeling of Virtualization Performance Overhead*
- Kumar, Rakesh; Charu, Shilpi, 2015, *Comparison between Cloud Computing, Grid Computing, Cluster Computing and Virtualization*, *International Journal of Modern Computer Science and*

*Applications (IJMCSA)*, Volume No.3, Issue No.1, January, 2015

- Nathuji, R., Kansal, A.& Ghaffarkhah, A., 2010, *Q-clouds: managing performance interference effects for qos-aware clouds*. In: *EuroSys '10: Proc. 5th European conference on Computer systems*. pp. 237–250. ACM, New York, NY, USA.
- P. Felacy Silvia, et al, 2009, *Virtual Machine vs Real Machine: Security System*, *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 1 (1). 2009
- Popek, G. J. & Goldberg, R. P. 1974. "Formal requirements for virtualizable third generation architectures". *Communications of the ACM* ,pp: 412–421
- Prakash P; Mohan, Biju P., 2013, *Evaluating Performance of Virtual Machines on Hypervisor (Type-2)*, *Proc. of Int. Conf. on Emerging Trends in Engineering and Technology*
- Prashant Desai, 2016, *A Survey of Performance Comparison between Virtual Machine and Containers*, *International Journal of Computer Sciences and Engineering (IJCSSE)*, ISSN: 2347-2693, Vol. 4 Issue 7. July 2016
- Rayamajhi, Samjhana; Khan, Asif; Sultana, Zinnia, 2015, *Relative Performance Analysis of Major Virtual Machine Monitor in Cloud Computing*, *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 6, Issue 1, January-2015
- Santoso Budijono; Robby Faruq, 2014, *Penggunaan Virtual Machine dalam Pembelajaran Jaringan*, *ComTech* Vol. 5 Nomor 1. Juni 2014
- Sudha M, et al, 2013, *Performance Analysis of Kernel-Based Virtual Machine*, *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 1 No. 1. Februari 2013
- Suresh, M; Kannan, M, 2014, *A Study on System Virtualization Techniques*, *International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology (IJARCST)*, Vol. 2 Issue Special 1 Jan-March 2014
- Suryono; Faruq, 2012, *Pembuatan Prototype Virtual Server Menggunakan Proxmox Ve untuk Optimalisasi Resource Hardware di NOC FKIP UNS*,

Indonesian Journal on Networking and Security (IJNS), ISSN: 2302-5700, Vol. 1 Nomor 1. November 2012

Waldemar Graniszewski; Adam Arciszewski, 2016, Performance Analysis of Selected Hypervisors (Virtual Machine Monitors – VMMs), International Journal of Electronics and Telecommunications (IJET), Vol. 62 No. 3. September 2016  
<http://www.computerhistory.org/timeline>  
(diakses pada tanggal 16 Agustus 2017, pukul 09.16 WIB)

#### **Pustaka Laporan Penelitian**

Hafni, 2013, Model Antrian dalam Analisis Kinerja Sistem Virtual Machine, Tesis, Program Studi (S2) Teknik Informatika, Universitas Sumatra Utara, Medan  
Soleh, M., 2016, Analisis Kinerja Web Server Menggunakan Hyper-V, VMWare Workstation, OpenStack, dan Proxmox, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Darma, Palembang