

Pengembangan Virtual Appliance Server Dengan Metode Virtualisasi

Novan Ardianto¹, Widyawan², Sujoko Sumaryono³

Abstract— With the increasing of advanced and sophisticated computer technology currently, especially for PC and server, is marked by the appearance of dual core processor, quad core processor, even hexa core processor. Besides all applications currently, especially not 3D animation and games which utilize the maximum performance of the multicore processor, makes the advanced processor work with a low utilization rate or a little usage of this processor. The advanced processor can be used for running application and services virtually.

Virtualization can be seen as a part of whole IT company trend currently. Day by day the virtualization engineering become more popular and widely used because in addition to saving the power source, it can have a good performance at running various server services in a network. Even nowadays virtualization can run on a cluster infrastructure, which will produce HA (High Availability) server.

By using applications, such as VirtualBox and Proxmox, which are very powerful tools, easily-setting and especially free, virtual appliances can be made including functions and services of a server in the real network. It aims to prove how effective and efficient the usage of the multicore processor computer is.

Intisari— Dengan semakin maju dan canggihnya teknologi komputer saat ini terutama pada PC dan server, ditandai dengan bermunculannya prosesor dengan inti ganda 2 (duo core), atau inti ganda 4 (quad core) bahkan hingga inti ganda 6 (hexa core). Padahal belum semua aplikasi saat ini terutama diluar animasi 3D dan games yang dapat memanfaatkan secara optimal prosesor berinti banyak (multiprosesor) tersebut, membuat prosesor-prosesor canggih tersebut banyak bekerja dengan tingkat utilisasi yang rendah atau hanya sedikit sumber daya yang terpakai. Prosesor canggih tersebut dapat kita manfaatkan untuk menjalankan aplikasi-aplikasi dan services secara virtualisasi.

Virtualisasi dapat dilihat sebagai bagian dari trend secara keseluruhan di perusahaan IT saat ini. Teknik virtualisasi semakin hari semakin terkenal dan banyak digunakan, dikarenakan selain melakukan penghematan sumberdaya, juga dapat memiliki kinerja yang cukup baik dalam menjalankan berbagai services sebuah server di dalam suatu jaringan. Bahkan virtualisasi kini dapat berjalan di atas infrastruktur cluster, yang akan membentuk HA (High Availability) server.

Dengan menggunakan aplikasi seperti VirtualBox dan Proxmox, yang mana merupakan tools yang sangat kuat, mudah di-setting dan terutama gratis, dapat dibuat sebuah virtual appliances yang mencakup fungsi-fungsi dan services pada server di jaringan yang sebenarnya. Hal ini bertujuan untuk membuktikan seberapa efektif dan efisien penggunaan virtualisasi pada komputer berinti banyak (multi prosesor)

tersebut.

Kata Kunci— virtual appliances, cluster, VirtualBox, Proxmox.

I. PENDAHULUAN

Trend komputer saat ini yang semakin canggih dan terjangkau memungkinkan pengguna rumahan maupun suatu unit usaha mampu memiliki komputer yang *multicore*, baik dari keluarga Intel dengan core i3, i5 dan i7-nya maupun dari keluarga AMD dengan Turion dan Athlon-nya. Padahal belum semua aplikasi saat ini terutama di luar animasi dan *games* 3D yang dapat memanfaatkan secara optimal prosesor berinti banyak (*multicore*) tersebut. Berdasarkan pengamatan dari Tony Iams, analis senior di D.H. Brown Associates Inc, NY, server-server di sebagian besar organisasi hanya menggunakan 15-20% dari kapasitas sesungguhnya, tentu saja angka tersebut merupakan rasio yang jauh dari ideal [3]. Prosesor canggih tersebut dapat kita manfaatkan untuk menjalankan aplikasi-aplikasi dan *services* secara virtualisasi. Terlebih lagi produsen prosesor seperti Intel dan AMD sudah menambahkan dukungan terhadap proses virtualisasi di dalam prosesor tersebut. Dengan dimasukkannya teknologi virtualisasi pada prosesor, maka sistem operasi dan program aplikasi yang berjalan di atas mesin virtual memiliki kinerja serta kehandalan yang lebih optimal.

Virtualisasi server adalah penggunaan perangkat lunak yang memungkinkan satu perangkat keras untuk menjalankan beberapa sistem operasi dan *services* pada saat yang sama. Teknologi ini dimulai pada masa *mainframe* beberapa dekade yang lalu untuk menghindari pemborosan daya proses yang mahal atau dengan kata lain meningkatkan efisiensi. Penghematan lain adalah biaya listrik karena hanya menggunakan 1 atau sedikit server saja, serta penghematan pembelian lisensi software. Jika menggunakan open source, justru tidak perlu mengeluarkan biaya sedikitpun untuk lisensi. Penghematan lainnya adalah dari segi waktu, karena kita hanya memasang sistem operasi di satu server saja yang langsung dapat digunakan untuk beberapa *services* sekaligus.

Ketika memadukan antara mesin virtual dengan perangkat lunak yang sebenarnya maka akan terbentuklah *virtual appliances*. Menerapkan *appliances* yang telah terinstal dan terkonfigurasi jauh lebih mudah dan cepat daripada menyiapkan sebuah sistem operasi, sehingga memudahkan untuk melakukan penyebaran (*deployment*). Hal yang menyulitkan saat hendak menyiapkan sistem yang siap berjalan untuk operasional, yaitu melakukan instalasi OS dan menyiapkan aplikasi yang dibutuhkan dengan *services* tertentu. Instalasi OS memerlukan langkah yang lebih kompleks dan waktu yang lebih lama. Ketika ingin menginstalasi OS dan *services* yang diperlukan, kita harus membuat partisi, memformat, mencari media instalasi, mengonfigurasi, dan lain sebagainya. Sebuah *virtual appliances* mengurangi resiko yang tidak perlu dengan menyederhanakan proses kerja yang sebelumnya rumit dan

¹Jurusan Teknik Elektro dan Teknik Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (e-mail: novan.ardianto@mti.gadjahmada.edu)

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (e-mail:sujoko@mti.ugm.ac.id, widyawan@ugm.ac.id)

intensif. Sehingga pada saat terjadi gangguan atau error akan lebih mudah untuk dilakukan tindakan pemulihan (*recovery*) pada sistem yang ada.

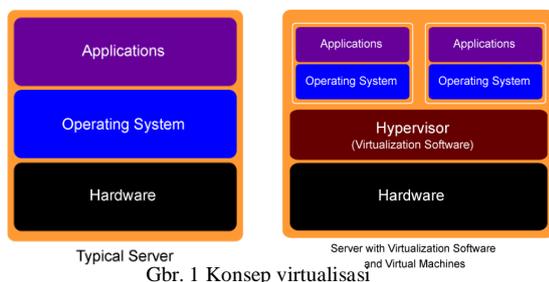
Di sisi lain biaya pembelian *dedicated server* yang baru masih terasa mahal untuk diimplementasikan oleh pengguna rumahan atau unit usaha yang belum terlalu besar. Untuk itu diperlukan suatu solusi sistem server yang dapat menghemat pembelian *dedicated server* baru bagi unit usaha yang terus berkembang, dan implementasi *virtual appliance* dengan teknologi virtualisasi servernya dapat menjawab kebutuhan tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Virtualisasi

Virtualisasi / Virtualization adalah sebuah teknik atau cara untuk membuat sesuatu dalam bentuk virtual, tidak seperti kenyataan yang ada [1]. Virtualisasi juga digunakan untuk mengemulasikan perangkat fisik komputer, dengan cara membuatnya seolah-olah perangkat tersebut tidak ada (disembunyikan) atau bahkan menciptakan perangkat yang tidak ada menjadi ada.

Perangkat lunak virtualisasi adalah sebuah program yang memiliki kemampuan untuk membuat sebuah komputer secara virtual (Purnoma, 2010). Disebut komputer virtual karena komputer itu tidak ada secara fisik, dengan komputer virtual ini dimungkinkan untuk menginstalasi OS lain. Misalkan komputer yang menggunakan Windows 7 dapat diinstalasi OS lain seperti Linux, Mac, BSD atau Windows versi lain menggunakan komputer virtual tersebut. Salah satu dari sekian banyak perangkat lunak virtualisasi adalah VirtualBox dan Proxmox.



Gbr. 1 Konsep virtualisasi

B. Proxmox VE

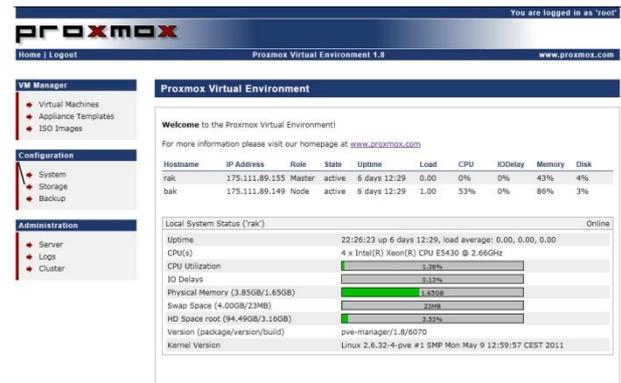
Proxmox VE (*Virtual Environment*) adalah distro Linux berbasis kernel Debian (64 bit) yang dikhususkan sebagai distro virtualisasi [12]. Proxmox secara *default* menyertakan OpenVZ dan KVM yang disediakan dalam modus teks (*console mode*). Salah satu perbedaan Proxmox dengan OS Virtualisasi berbasis UNIX yang lain adalah, Proxmox menggunakan akses web untuk melakukan pengelolaan proses administrasinya.

Proxmox VE memberikan sebuah platform virtualisasi untuk vendor perangkat lunak dan proyek open source, dengan menjalankan perangkat lunak server mereka sebagai *Virtual Appliance* yang telah dikonfigurasi sebelumnya di atas Proxmox VE.

Manfaat bagi pengguna VE Proxmox:

- Produk pilihan yang cocok dijalankan pada perusahaan kelas *enterprise*.
- Instalasi yang telah dioptimalkan, siap untuk menjalankan dengan cepat.
- Memiliki kinerja terbaik.

- Mudah dilakukan manajemen.



Gbr. 2 Proxmox Manager

C. Fitur Khas Proxmox

1) *Cluster*: Proxmox VE Cluster memungkinkan untuk melakukan manajemen terpusat dari banyak server fisik. Sebuah Proxmox VE Cluster terdiri dari minimal satu master dan beberapa node (minimal satu master dan satu node).

Fitur utama Proxmox VE Cluster adalah:

- Manajemen terpusat melalui web.
- Satu login dan password untuk mengakses semua *node* dan *guest*
- *Console* dapat melihat semua *Virtual Machines*.
- Melakukan migrasi dari VM antara berbagai mesin yang secara fisik berbeda.

2) *Pusat Manajemen Berbasis Web*: Manajemen Proxmox VE sederhana. Tidak perlu menginstal alat manajemen yang terpisah, semuanya dapat dilakukan melalui web browser (IE9, Firefox 5, Opera, Chrome, dll).

- Tampilan konsol terintegrasi ke VM
- Integrasi tanpa putus pada manajemen Cluster Proxmox V
- Teknologi AJAX untuk update sumber daya secara dinamis
- Akses yang aman ke semua VM melalui enkripsi SSL

D. VirtualBox

Sun xVM VirtualBox adalah program untuk virtualisasi komputer yang ditujukan untuk komputer desktop, server, maupun laptop [10]. Dengan menggunakan Sun xVM VirtualBox maka dapat memvirtualisasi OS 32 bit dan 64 bit pada sebuah komputer yang menggunakan prosesor Intel atau AMD, baik virtualisasi perangkat lunak maupun perangkat keras. Untuk selanjutnya akan digunakan istilah VirtualBox untuk merujuk pada Sun xVM VirtualBox.

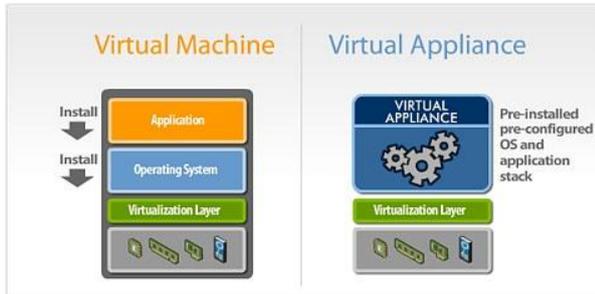
Alasan utama memilih VirtualBox sebagai pembanding Proxmox adalah karena VirtualBox merupakan perangkat lunak virtualisasi gratis dan open source yang menawarkan banyak kemudahan dalam melakukan virtualisasi, serta kemampuannya dalam membuat *virtual appliance* secara *native*.

E. Virtual Appliance

Virtual appliance adalah sebuah sistem mandiri terpadu yang dibuat dengan menggabungkan suatu aplikasi perangkat lunak (misalnya, perangkat lunak server) dengan

sistem operasi yang cukup untuk dapat berjalan secara optimal pada hardware berstandar industri atau pada sebuah mesin virtual (misalnya VirtualBox, Xen, KVM).

Virtual appliance bertujuan untuk menghilangkan instalasi, konfigurasi dan biaya pemeliharaan yang terkait dengan menjalankan perangkat lunak kompleks yang bertumpukan. Seperti yang terlihat pada Gbr. 3 tentang konsep *virtual appliance*.



Gbr. 3 Konsep *Virtual Appliance*

F. Keuntungan *Virtual Appliance*

Virtual appliance dalam banyak hal memberikan berbagai keuntungan, antara lain:

1) *Kemudahan customization*: *Service-service* dapat ditambah atau dikurangi dengan mudah sesuai dengan kebutuhan secara spesifik dari organisasi tersebut. Dapat dibuat menjadi suatu paket sesuai dengan permintaan yang *user* inginkan.

2) *Kemudahan deployment*: Vendor perangkat lunak dapat menggunakan mesin virtual untuk memaket konfigurasi perangkat lunak secara keseluruhan. Sebagai contoh, menginstal solusi email server yang lengkap pada mesin yang nyata bisa menjadi pekerjaan yang menyusahkan. Dengan virtualisasi, setiap *setup* kompleks (kemudian sering disebut "*appliance*") bisa dimasukkan ke dalam mesin virtual. Menginstal dan menjalankan mail server menjadi semudah mengimpor sebuah *appliance* ke dalam VM. Server virtual dapat dikloning sebanyak mungkin dan dapat dijalankan pada server lain dengan mengubah sedikit konfigurasi.

3) *Kemudahan backup dan recovery*: Server-server yang dijalankan di dalam sebuah mesin virtual dapat disimpan dalam 1 buah *image* yang berisi seluruh konfigurasi sistem. Jika satu saat server tersebut *crash*, tidak perlu melakukan instalasi dan konfigurasi ulang. Cukup mengambil salinan *image* yang sudah disimpan, me-*restore* data hasil backup terakhir dan server berjalan seperti sedia kala.

4) *Efisiensi Waktu & Biaya*. Sangat efisien dalam arti sangat menghemat waktu dan biaya operasional server. Meliputi biaya penggunaan listrik, biaya pendinginan ruang server, dan mengurangi beban kerja para staff IT di suatu instansi atau perusahaan, serta mempercepat proses implementasi suatu sistem.

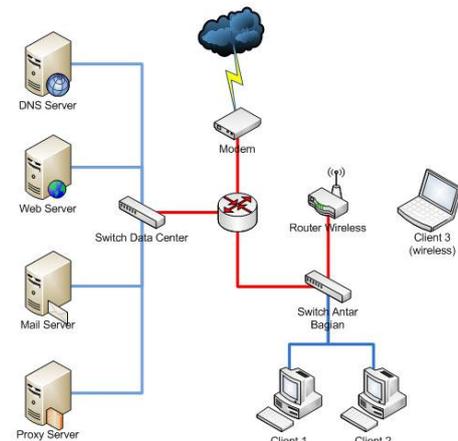
III. PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian ini direncanakan untuk membuat 2 skenario. Skenario pertama membuat *virtual appliance* pada lab. MTI yang hasilnya diharapkan dapat diimplementasikan pada server tujuan pada suatu unit organisasi tertentu. Bisa dilihat pada Gbr. 4 sebagai ilustrasi. Pada skenario kedua

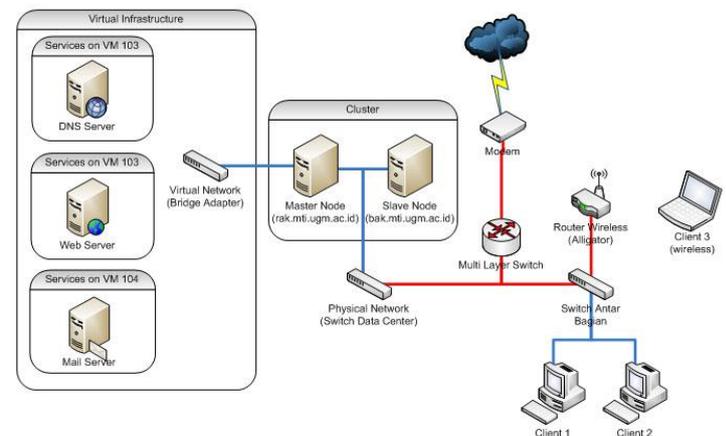
membuat virtualisasi server berbasis *High Availability Cluster*, yang bisa dilihat pada Gbr. 5 sebagai ilustrasinya

Secara umum kedua skenario tersebut pada penelitian ini dibuat urutan pelaksanaan sebagai berikut:

- Membuat virtualisasi server sebagai dasar infrastruktur, yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan *appliance* (*Building*).
- Membuat *virtual appliance* yang diperlukan sesuai keperluan (*Customize*).
- Membuat paket dari *virtual appliance* tersebut, baik dalam .vmdk ataupun .ova. (*Packaging*).
- Melakukan pengujian dan pengukuran (*Testing & Benchmarking*).
- Membuat laporan hasil implementasi dan melakukan rekomendasi (*Reporting*).



Gbr. 4 Arsitektur tanpa virtualisasi server



Gbr. 5 Arsitektur dengan virtualisasi server

IV. ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pada tahapan ini akan dibahas dasar-dasar uji coba dan pengukuran pada desain dan model, yang intinya merupakan kumpulan teknik yang digunakan untuk melakukan uji coba, yang disesuaikan dengan permasalahan dan tujuan secara menyeluruh.

Rencana teknis pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini, meliputi sebagai berikut:

- Pengujian pemanfaatan sumber daya Prosesor (CPU).
- Pengujian pemanfaatan sumber daya memori (RAM).
- Pengujian fungsi server di jaringan secara langsung (Network).

A. Implementasi Langsung

Pengetesan dengan metode implementasi langsung ini dijalankan dengan menggunakan skenario, seperti yang telah dijabarkan pada bagian 3. Setelah virtual appliance selesai dipaketkan dalam bentuk file berekstensi .ova, maka paket tersebut di import pada mesin server tujuan. Di mana mesin server tujuan tersebut bisa saja mempunyai host OS dan spesifikasi hardware yang berbeda.

Service dan konfigurasi yang sudah ditanam pada virtual appliance tersebut duji secara live pada jaringan. Pada pengujian ini dilihat apakah virtual appliance tersebut dapat menjalankan perannya dengan baik dan benar, sesuai dengan service yang telah diinstalasi dan dikonfigurasi sebelumnya. Pada pengujian ini digunakan service yang berkenaan dengan fungsi server jaringan. Meliputi server yang menangani domain (dns server), server yang menangani web (web server), dan server yang menangani email (mail server).

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan dalam lingkungan virtualisasi baik di dalam VirtualBox maupun Proxmox, server-server tersebut masih dapat menjalankan fungsinya secara layak seperti jika menggunakan server secara fisik. Pengujian ini meliputi:

1) *Pengujian untuk DNS server:* Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi pemetaan alamat IP ke dalam suatu domain berhasil, dalam hal ini dns1.proxmox.web.id sebagai primary dns dan, www.proxmox.web.id sebagai web server. Pada penelitian ini digunakan IP public secara live, yang disediakan oleh pihak MTI UGM dan mendaftarkan domain proxmox.web.id ke PANDI. Cara pengujiannya adalah dengan melakukan ping dan whois ke domain tersebut.

2) *Pengujian untuk Web server:* Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui fungsi web server, yang telah dikonfigurasi dengan Apache2 apakah dapat berjalan dengan baik. Pada alamat www.proxmox.web.id (175.111.89.152) yang telah didaftarkan secara resmi ke institusi PANDI (Pengelola Nama Domain Internet Indonesia), diuji dengan menggunakan web browser Mozilla Firefox. Seperti yang nampak pada Gbr. 6.



Gbr. 6 Web server pada proxmox.web.id

3) *Pengujian untuk Mail server:* Pengujian terakhir ini untuk melihat fungsi dari mail server, yang dikonfigurasi melalui MTA (Mail Transfer Agent) Exim4 dan email berbasis web menggunakan SquirrelMail. Di mana email akan dikirim ke alamat novan@proxmox.web.id dari ubuntu server yang divirtualisasi, dapat langsung masuk ke dalam inbox dari akun yang telah diseting pada SquirrelMail. Terlihat pada Gbr. 4 untuk masuk ke mail server ini menggunakan alamat domain: mail.proxmox.web.id/mail

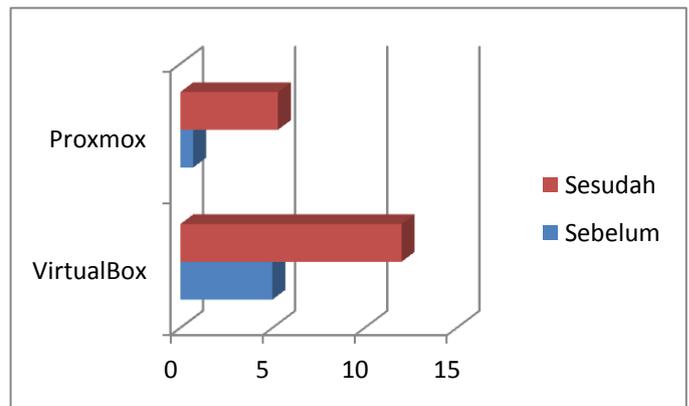
B. Performance Monitor

1) *Resources & Performance Monitor (VirtualBox):* Merupakan tool bawaan windows 7 yang berguna untuk memonitor penggunaan sumber daya dan kinerja dari komputer, terutama CPU dan memory komputer secara langsung.

2) *HTOP (Proxmox):* HTOP merupakan baris perintah pada Linux untuk melihat proses yang berjalan secara real time dan lebih representative dibandingkan TOP biasa. HTOP juga menampilkan info lain, seperti penggunaan utilitas prosesor multicore, jumlah memori yang free baik fisik dan swap.

TABEL I
TINGKAT OPTIMALISASI PENGGUNAAN PROSESOR

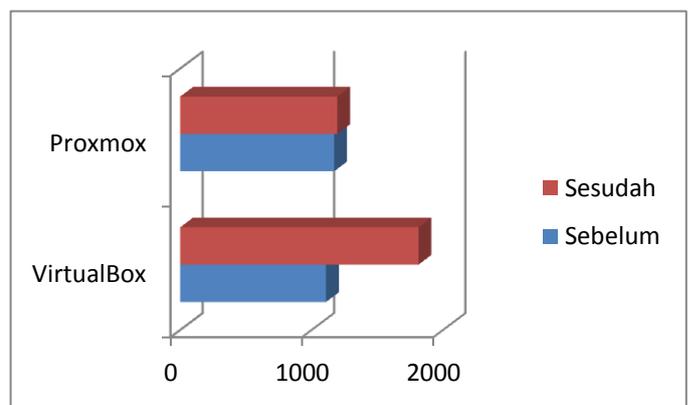
Keterangan	VirtualBox	Proxmox
Sebelum	5	0.7
Sesudah	12	5.3
Peningkatan	7	4.6
Persentase kenaikan	140%	657%



Gbr. 7 Grafik perbandingan penggunaan prosesor

TABEL II
TINGKAT OPTIMALISASI PENGGUNAAN MEMORY

Keterangan	VirtualBox (MB)	Proxmox (MB)
Sebelum	1110	1172
Sesudah	1814	1196
Peningkatan	704	24
Persentase kenaikan	63.42%	2.05%



Gbr. 8 Grafik perbandingan penggunaan memory

V. PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan keunggulan virtualisasi server meliputi:

Keunggulan pertama dari penerapan *virtual appliance* adalah keleluasaan melakukan *customization*, di mana dapat dengan mudah dilakukan perubahan dan penambahan *services* apa saja yang dibutuhkan. Seperti pada contoh skenario di atas dengan menggunakan dns server untuk mengelola domain, web server untuk mengelola web dan mail server untuk mengelola email. Tidak tertutup kemungkinan VM yang aktif dan berjalan dapat ditambah lagi dengan penggunaan prosesor *multicore* (8 core/12 core) yang lebih baik di masa depan. Fitur *customization* ini didukung dengan baik oleh kedua tools virtualisasi, VirtualBox dan Proxmox.

Salah satu kemampuan kunci yang lain adalah kecepatan pada saat pemulihan sistem pada saat sistem error atau terjadi suatu kesalahan (*backup dan recovery*) dengan memanfaatkan fitur *snapshot* yang sangat baik. Penerapan *virtual appliance* mampu menekan hampir setengah dari tahapan langkah pemulihan sistem dan menghemat waktu secara signifikan. Untuk fitur ini Proxmox lebih unggul, karena bisa melakukan *backup* secara otomatis dengan waktu yang terjadwal.

Kemampuan lainnya adalah kemudahan penyebaran (*deployment*) pada sistem yang berbeda. *Virtual appliance* yang telah dipaketkan dalam suatu file berekstensi .ova pada VirtualBox dan .vmdk pada Proxmox dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam flashdisk atau kepingan DVD, untuk kemudian diimport pada mesin server yang berbeda dengan mesin server di mana *virtual appliance* tersebut dibuat. Pada fitur ini VirtualBox lebih unggul, karena lebih praktis dalam membuat paket *appliance* dari menu, dibandingkan Proxmox yang harus melalui konsol.

Keunggulan mutlak Proxmox terhadap VirtualBox terdapat pada fitur *cluster & migration* bawaan Proxmox. Dengan fitur ini Proxmox bukan hanya menjadi tools virtualisasi, tapi juga menjadi mesin *clustering* yang memiliki tingkat ketersediaan yang tinggi. Didukung oleh migrasi yang mudah, dengan hanya menekan beberapa tombol di menu, pada manajemen terpusat Proxmox yang berbasis web.

Selain berbagai keunggulan fitur di atas, Proxmox memiliki tingkat kestabilan yang tinggi dan penggunaan *resources* yang jauh lebih rendah. Perbandingan ini terangkum pada Tabel 3 secara lebih ringkas.

VI. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- Penggunaan virtualisasi server dengan VirtualBox telah meningkatkan optimalisasi penggunaan prosesor, dari tingkat 5% pada saat tidak ada VM yang aktif menjadi 12% dengan 3 VM aktif. Optimalisasi penggunaan memory juga mengalami peningkatan yang berarti, dari sebelumnya 1.110 MB (27,25%) menjadi 1.814 MB (44,54%). Nilai ini didapatkan dari *tool Resources Monitor*.
- Penggunaan virtualisasi server dengan Proxmox telah meningkatkan optimalisasi penggunaan prosesor, dari tingkat 0,7% pada saat tidak ada VM yang aktif menjadi 5,3% dengan 2 VM aktif. Pada penggunaan memory tidak mengalami peningkatan yang berarti, dari sebelumnya 1.172 MB (27,25%) menjadi 1.196 MB (44,54%). Nilai ini didapatkan dari *tool HTOP*.
- Penggunaan *virtual appliance* memberikan peningkatan yang signifikan dari sisi pemulihan sistem, apabila terjadi kerusakan sistem atau error server dengan teknologi *virtual appliance* dapat dipulihkan lebih cepat 57,14 % dibandingkan server yang konvensional.
- Pada unit usaha yang tidak terlalu besar dan suatu instansi yang tidak terlalu sibuk, virtualisasi server dengan VirtualBox adalah solusi yang paling tepat. Dengan tetap berjalannya fungsi server-server yang telah divirtualisasi dengan baik dan penghematan yang bisa didapatkan.
- Untuk implementasi pada unit usaha yang besar atau instansi yang sibuk, dapat dimanfaatkan sistem virtualisasi yang berjalan di atas infrastruktur *clustering*. Perpaduan ini akan menghasilkan suatu (HA) *High Availability Server*, dengan memanfaatkan Proxmox
- yang merupakan tool yang berjenis *baremetal* virtualisasi.

REFERENSI

- [1] Ahmad. 2008. Archive for the 'virtualization' Category. <http://achmad.glclearningcenter.com/category/teknologi/virtualization/>
- [2] Chen, H., Chen, R., Zhang, F., Zang, B., dan Yew, P. 2006. Live Updating Operating Systems Using Virtualization. Prosiding 2nd international Conference on Virtual Execution Environments (VEE'06). Ottawa.
- [3] D.H. Brown Associates, Inc. 2001. VMware: Tool for Server Consolidation .<http://www.vmware.com/pdf/vmware-dhbrown.pdf>
- [4] Fauzi, Haris. 2008. Perbandingan Kinerja Server Melalui Virtualization Xen Pada Lingkungan Terbatas. Universitas Indonesia. MTI UI. Depok
- [5] Fyodor, 2009. Panduan Referensi Nmap (Man Page, bahasa Indonesia). <http://nmap.org/man/id/>
- [6] Garnieri H, Megan. 2010. Desain dan Implementasi Virtualisasi Server di PT Thiess Contractors Indonesia. Yogyakarta
- [7] Leung, F., Neiger, G., Rodgers, D., Santoni, A., dan Uhlig, R. 2006. Intel Virtualization Technology: Hardware Support for Efficient Process. <http://www.intel.com/technology/itj/2006/v10i3/>
- [8] Lutfie. 2008. Virtualization The Series. <http://wssid.org/blogs/lutfie/archive/tags/Virtualization/default.aspx>. (diakses tanggal 15 Oktober 2010).
- [9] Purbo, Onno W. 2011. Proxmox. <http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Proxmox>.
- [10] Purnoma. 2010. Membangun Virtual PC dengan VirtualBox. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta
- [11] Rasian, Rio., Mursanto, Petrus. 2009. Perbandingan Kinerja Pendekatan Virtualisasi. Jurnal Sistem Informasi MTI-UI Vol 5, No 2. Depok
- [12] Sugianto, Masim. 2010. Panduan Virtualisasi & Linux High Availability Server. Bekasi