

# Analisis Performansi Dan Efisiensi Cloud Computing Pada Sistem Perbankan

I K. Adi Kurniawan<sup>1</sup>, N. Putra Sastra<sup>2</sup>, M. Sudarma<sup>3</sup>

Submission: 27-10-2019, Accepted: 25-11-2019

**Abstract**— The use of physical servers for Bank Mandiri branch office's operations has several shortcomings; such as exorbitant server procurement costs, limitation on upgrading parts, high maintenance cost, requirement for land procurement, and excessive electricity consumption. An alternative to that is cloud computing technology based on virtualization using the ROCCA adoption method. In this study, cloud computing was implemented with Microsoft Hyper-V virtualization to run Bank Mandiri branch's operational applications. The result of performance and cost efficiency tests of cloud computing is then compared to that of physical servers. The test results demonstrate that the ROCCA method can be utilized for cloud computing adoption in the banking sector. Overall, physical server CPU (36% score) works 4 times better than cloud server (9% score). However, cloud server memory (score 50%) works 1.4 times faster than physical servers (score 35%). The performance of the cloud server hard disk (52% score) is 1.1 times better than the physical server (48% score). In terms of access speed, physical server is faster as it reaches a bandwidth of 94.9 Mb/s, while cloud server reaches 94.1 Mb/s. As to investment efficiency; the cost of a cloud server for one year period is lower than that of a physical server. However, for a period of five years and above; the cloud server costs are higher than that of physical servers.

**Abstrak**— Penggunaan server fisik untuk operasional kantor cabang Bank Mandiri memiliki beberapa kekurangan, yaitu biaya pengadaan server yang tinggi, keterbatasan *upgrade part*, biaya *maintenance*, kebutuhan lahan dan konsumsi listrik. Alternatif yang bisa digunakan adalah teknologi *cloud computing* berbasis virtualisasi dengan metoda adopsi ROCCA. Pada penelitian ini implementasi *cloud computing* menggunakan virtualisasi Microsoft Hyper-V. Selanjutnya dilakukan komparasi performansi dan efisiensi biaya yang dibandingkan dengan implementasi server fisik. Hasil pengujian menunjukkan metoda ROCCA dapat digunakan untuk adopsi *cloud computing* pada sektor perbankan. Performansi CPU server fisik (skor 36%) bekerja 4 kali lebih baik daripada server *cloud* (skor 9%). Performansi memori server *cloud* (skor 50%) bekerja 1,4 kali lebih cepat daripada server fisik (skor 35%). Sedangkan performansi *disk* server *cloud* (skor 52%) lebih cepat 1,1 kali daripada server fisik (skor 48%). Pada aspek kecepatan akses, server fisik lebih cepat dengan *bandwidth* 94,9 Mb/detik, sedangkan server *cloud* 94,1 Mb/detik. Dari sisi efisiensi investasi, selama jangka waktu satu tahun biaya server *cloud* lebih rendah daripada server fisik. Namun untuk jangka waktu lima tahun keatas, biaya server *cloud* lebih tinggi daripada server fisik.

<sup>1</sup>Mahasiswa, Magister Teknik Elektro, Pasca Sarjana Universitas Udayana e-mail: [les.moines@gmail.com](mailto:les.moines@gmail.com)

<sup>2, 3</sup> Staff pengajar Magister Teknik Elektro, Program Pasca Sarjana Universitas Udayana, Jln. PB Sudirman, Denpasar, Bali (telp: 0361-239599; e-mail: [putra.sastra@unud.ac.id](mailto:putra.sastra@unud.ac.id), [msudarma@unud.ac.id](mailto:msudarma@unud.ac.id))

Saat ini operasional perbankan di kantor cabang Bank Mandiri menggunakan aplikasi *desktop* dengan server yang ditempatkan pada masing-masing kantor cabang. Arsitektur berbasis server fisik ini memiliki kekurangan, yaitu:

1. Biaya pengadaan server tinggi dan butuh waktu lama.
2. Kebutuhan setiap kantor cabang berbeda namun spesifikasi server sama untuk seluruh kantor cabang. Di sisi lain terdapat kendala skalabilitas dimana untuk kebutuhan *upgrade* perlu proses pengadaan kembali yang memakan waktu.
3. Perlu adanya *maintenance* server secara berkala, seperti *restart* mesin dan *cleansing* data.
4. Dibutuhkan lokasi khusus untuk ruang server dengan standar kelengkapan ruang server serta sumber daya listrik.

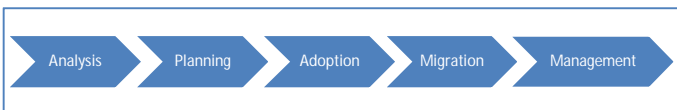
Alternatif solusi untuk kendala tersebut adalah dengan implementasi *cloud computing*. *Cloud computing* merupakan tren baru dibidang komputasi terdistribusi dimana berbagai pihak dapat mengembangkan aplikasi dan layanan berbasis *Service Oriented Architecture* di jaringan internet [1]. *Cloud* menjadikan internet sebagai pusat server untuk data dan aplikasi [2]. *IaaS (Infrastructure as a Service)* merupakan layanan *cloud* untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur seperti virtualisasi, *hardware* server, media penyimpanan, dan jaringan [3]. Selain memberikan efisiensi bagi perusahaan, *cloud* mampu meningkatkan produktifitas kerja [4]. *Cloud computing* juga mampu memberikan efisiensi dalam hal manajemen sumber daya (fleksibilitas dan skalabilitas) [5]. Semakin banyak industri yang beralih ke teknologi *cloud* karena secara efisien mampu meningkatkan kualitas layanan dengan menekan biaya berlebih, mengurangi *downtime*, dan pengembangan infrastruktur secara otomatis [6]. Secara umum, *cloud computing* memberikan manfaat bagi ekonomi, organisasi, dan sosial [7].

Penerapan teknologi informasi (TI) pada sektor perbankan utamanya dipengaruhi oleh bertambahnya kebutuhan nasabah serta peningkatan volume transaksi. Industri perbankan sangat intensif dalam menggunakan TI sehingga sangat bergantung pada perkembangan TI tersebut [8]. Bank merupakan segmen penting dalam area bisnis yang menjadi target *cloud computing*. [9] Bank yang menggunakan *cloud computing* memiliki posisi yang lebih baik untuk menanggapi ketidakpastian ekonomi dan sistem keuangan global yang saling berhubungan [10]. *Cloud computing* dapat menghemat biaya operasional yang dikeluarkan karena semakin banyaknya pilihan layanan *cloud computing* oleh berbagai vendor [12]. Ada beberapa model pengembangan *cloud computing* yang dapat diterapkan pada bidang perbankan, yaitu *private cloud*, *community cloud*, *public cloud*, dan *hybrid cloud*. Namun demikian model yang paling sesuai adalah *private cloud* [13]. *Private cloud* memberikan manfaat



yang lebih baik dari sisi keamanan dan privasi. Pengembangan *private cloud* dilakukan secara eksklusif oleh organisasi dan hanya dapat diakses oleh internal organisasi atau rekanan yang diberikan kewenangan [14].

Penting bagi perusahaan untuk memahami bahwa implementasi *cloud computing* bukan hanya terkait dengan hal teknis, namun juga melibatkan tantangan lain berupa kendala biaya, kesiapan pengguna, dan organisasi [15]. Penelitian lain menyebutkan terdapat empat fokus area yang harus diperhatikan sebelum melakukan adopsi *cloud computing*, yaitu aspek teknis, organisasi, biaya, dan lingkungan [16]. Sebuah organisasi yang akan menerapkan *cloud computing* perlu menjalani 5 tahap (fase) adopsi, yaitu tahap *analysis*, *planning*, *adoption*, *migration*, dan *management* [17] sebagaimana ditampilkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan Adopsi ROCCA

Tahap *analysis* adalah tahapan untuk mengidentifikasi kebutuhan pemakai, kondisi organisasi, kebijakan dan regulasi serta aspek lain yang memengaruhi keputusan organisasi dalam menerapkan teknologi informasi. Pada fase ini dilakukan dua kegiatan yaitu pengumpulan data dan analisa data [18]. Pada tahap *planning*, ditentukan tolok ukur permasalahan keamanan, hukum dan kepatuhan. Tolok ukur ini harus dapat merefleksikan *best practice*, kebijakan, dan standar dalam organisasi dan bagaimana ini semua dapat dicapai setelah migrasi ke *cloud computing*. Tahap *adoption* merupakan persiapan kebutuhan infrastruktur baik *hardware* dan *software*. Pada tahap *migration* dilakukan pemindahan data ke server *cloud*. Tahap *management* meliputi serah terima dengan *user*, kesepakatan *service level agreement*, jasa *support* serta dokumentasi.

### Virtualisasi

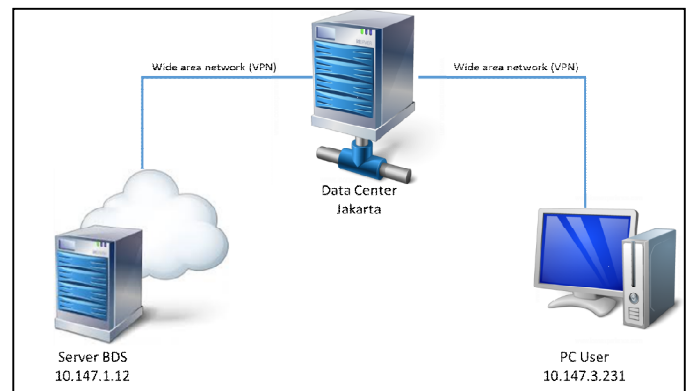
Virtualisasi merupakan teknologi penggerak dibelakang *cloud computing* [19]. Dengan virtualisasi, pengguna layanan *cloud computing* dapat dengan mudah melakukan *upgrade* kapasitas server [20]. Terdapat dua pendekatan virtualisasi [21], yaitu:

1. Full Virtualization  
Seluruh sistem komputer *host* dibuat dalam konstruksi *software* yang dapat dieksekusi oleh sistem operasi *guest* dimana setiap perintah diterjemahkan menjadi instruksi biner.
2. Para Virtualization  
Terdapat modifikasi pada sistem operasi *guest* berupa penyesuaian kernel sehingga permintaan alokasi *hardware* tidak membutuhkan translasi ke dalam instruksi biner.

## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dibangun dua infrastruktur server kantor cabang Bank Mandiri, yaitu server fisik sebagaimana kondisi semula dan *cloud computing* yang berbasis virtualisasi menggunakan *hypervisor* Windows Hyper-V dengan metode adopsi *Roadmap for Cloud Computing Adoption* (ROCCA).

Metode ROCCA diawali dengan tahap *analysis* untuk pengumpulan data melalui wawancara dengan pegawai Bank Mandiri, observasi di kantor cabang untuk mendata perangkat TI, aplikasi yang digunakan, serta dokumen tentang regulasi, standar dan kebijakan yang berlaku. Analisis juga dilakukan pada penyedia layanan *cloud computing* di Indonesia dan *top leader* global. Tahap *planning* merupakan tahap perancangan yang meliputi pemilihan teknologi virtualisasi serta anggaran yang dibutuhkan. Hal krusial yang juga diputuskan pada tahap *planning* adalah penentuan aplikasi yang akan dimigrasi. Tahap selanjutnya adalah *adoption*, yaitu mempersiapkan semua kebutuhan infrastruktur, meliputi kebutuhan *hardware* dan *software* seperti sistem operasi, *virtual machine manager*, aplikasi *database*, dan aplikasi operasional kantor cabang (*Branch Delivery System*). Tahap *migration* merupakan inti dari adopsi arsitektur *cloud*, karena pada tahap ini dilakukan pemindahan data dari server fisik ke server *cloud*. Pada tahap *management* dilakukan pengujian untuk memastikan sistem berjalan normal sebagaimana pada saat sebelum migrasi. Topologi jaringan server *cloud* ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Topologi Jaringan Server Cloud

Setelah *deployment* server *cloud* dan server fisik, selanjutnya dilakukan komparasi performansi server *cloud* dengan fisik, yang meliputi performansi CPU, *memory*, *harddisk* menggunakan aplikasi *passmark* dan kecepatan koneksi menggunakan aplikasi *iperf*. Pada pengujian performansi CPU, *memory*, dan *harddisk*, nilai utilisasi berupa persentase yang diperoleh dari perbandingan skor yang dicapai dengan nilai *best practise* yang sudah ditentukan oleh *passmark*, dengan formula sebagai berikut:

$$\text{nilai utilisasi} = \frac{\text{score pengujian}}{\text{nilai best practise}} \times 100\% \quad (1)$$

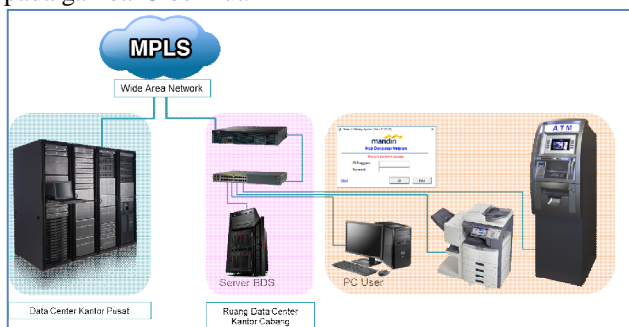
Selain pengukuran performansi, juga dilakukan pengukuran efisiensi investasi terhadap implementasi server *cloud* dan server fisik berdasarkan nilai investasinya, meliputi biaya

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Implementasi ROCCA

##### 1. Tahap Analysis

Secara topologi, saat ini server kantor cabang Bank Mandiri terhubung dengan *client* melalui koneksi *Local Area Network* (LAN). Sedangkan dari server ke server *core banking* di *data center* terhubung melalui koneksi *wide area network*. Topologi server fisik ditampilkan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Topologi Jaringan Server Fisik

Perangkat *hardware* dan *software* yang digunakan di kantor cabang tergantung dengan masa pakai yang terbatas. Meskipun secara operasional masih bisa digunakan, perangkat tersebut harus diremajakan karena masa *support*-nya telah habis. Server, PC, router, switch, modem, dan printer memiliki usia teknis selama lima tahun.

Penelitian terhadap penyedia layanan *cloud computing* dilakukan pada beberapa vendor sebagaimana ditampilkan pada table I berikut.

TABEL I  
SPESIFIKASI SERVER KANTOR CABANG

	Service Level Guarantee	Data Center di Indonesia	Harga / bulan (Rp)
Alibaba Cloud	99.95%	Ya	1.948.483
Zettagrid	99.90%	Ya	2.761.000
Amazon Web Services	99.99%	Sedang dibangun	3.305.318
Windows Azure	99.95%	Tidak	1.610.560
Google Cloud Platform	99.99%	Sedang dibangun	4.185.300

Mempertimbangkan profil masing-masing penyedia jasa *cloud computing* dilihat dari sisi *service level guarantee*, dukungan layanan, konsumen, harga, serta mengacu pada peraturan OJK NOMOR 38

/POJK.03/2016 Bab IV bagian kedua tentang penempatan sistem elektronik pada pusat data dan/atau pusat pemulihan bencana, maka rekomendasi jasa *cloud computing* yang digunakan adalah Alibaba Cloud. Alibaba Cloud memberikan *service level guarantee* sebesar 99.95% dengan proses *recovery* sepenuhnya dilakukan secara otomatis. Fitur lain yang disediakan oleh Alibaba Cloud yaitu garansi *packet loss* jaringan yang hanya sebesar 0.0001%, penggunaan *virtual switch* yang mampu menekan angka *latency network* sebesar 66% serta layanan proteksi data yang menggunakan *triplicate technology*, yaitu konsep *back up data file* dengan menempatkan data pada tiga server yang berbeda

##### 2. Tahap Planning

Server *cloud* dibangun pada sebuah perangkat server Lenovo Thinkserver TS 460 dengan *virtual machine manager* (VMM) Microsoft Hyper-V Server 2016. Aplikasi yang dimigrasi pada penelitian ini adalah BDS, karena hanya aplikasi tersebut yang servernya akan beralih ke arsitektur *cloud*. Sedangkan aplikasi selain BDS bersifat *web based* sehingga tidak terdampak dengan migrasi kantor cabang ke *cloud*.

##### 3. Tahap Adoption

Pada tahap *adoption* dilakukan *deployment* server *cloud* dengan spesifikasi *hardware* dan *software* seperti pada tabel II.

TABEL II  
KEBUTUHAN HARDWARE DAN SOFTWARE

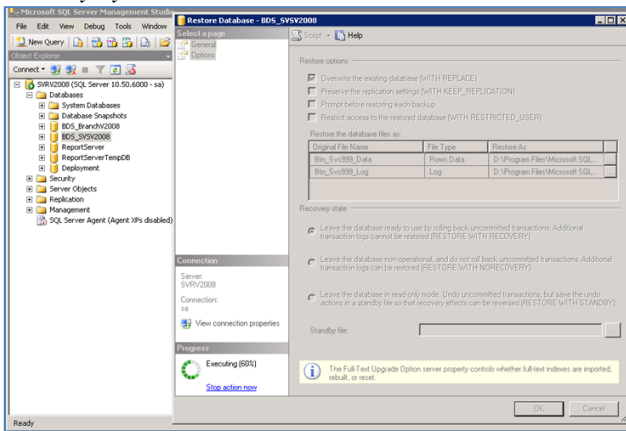
	Server Fisik	Server Cloud
<b>Hardware</b>		
Server	Dell Poweredge T110 II	Lenovo Think Server TS450
Prosesor	Intel Xeon E3 1220 4 CPUs 3.1 GHz	Intel Xeon E3-1225 @3.30 GHz
Memory	4 GB	4 GB
<b>PC</b>		
Switch	HP Procurve 1810-24	HP Procurve 1810-24
Router	Cisco 2900	Cisco 2900
<b>Software</b>		
Sistem Operasi	Microsoft Windows Server 2008	Microsoft Windows Server 2008
Database	Microsoft SQL Server 2008	Microsoft SQL Server 2008
Hypervisor	-	Microsoft Hyper-V server 2016
Aplikasi Perbankan	BDS	BDS
Aplikasi Benchmarking Performansi PC	Passmark	Passmark
Aplikasi Monitoring Traffic Jaringan	iperf	iperf



Deployment server cloud dimulai dengan preparasi BIOS untuk mengaktifkan fitur virtualisasi pada host server dan konfigurasi *harddisk* menggunakan *Redundant Array of Independent Disks* level 0 untuk memaksimalkan kapasitas *harddisk* serta akses yang lebih cepat. Dilanjutkan dengan instalasi dan konfigurasi Microsoft Hyper-V Server 2016, meliputi pengaturan *domain*, *computer name*, *remote management*, dan pengaturan jaringan. Proses berikutnya adalah instalasi sistem operasi virtual yaitu Microsoft Windows Server 2008, *database* Microsoft SQL Server 2008, dan aplikasi *Branch Delivery System*.

4. Tahap Migration

Pada tahap *migration* dilakukan *restore database* yang sebelumnya di-*export* dari server fisik sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4 berikut. Pada tahap ini juga dilakukan migrasi data dan konfigurasi aplikasi *Branch Delivery System*.



Gambar 4. Proses Restore Database

5. Tahap Management

Pada tahap *management* dilakukan pengujian dengan menjalankan aplikasi *Branch Delivery System*, sebagaimana ditampilkan pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi BDS pada Server Cloud

B. Pengujian Performansi

Pengujian performansi meliputi utilitas CPU, *memory*, *harddisk* dengan menggunakan aplikasi *passmark* dan *network*

menggunakan *iperf*. Parameter pengujian performansi CPU, *memory*, dan *harddisk* disajikan pada tabel III, tabel IV dan tabel V sebagai berikut.

TABEL III  
PARAMETER PENGUJIAN CPU

No	Parameter	Keterangan
1	Single Threaded	Pengujian kombinasi tes <i>Floating Point</i> , <i>Sorting</i> , dan <i>Compression</i> .
2	Sorting	Pengujian mengurutkan <i>array</i> 500.000 <i>string</i> acak dengan panjang masing-masing 25 karakter.
3	Physics	Pengujian berbasis <i>Bullet Physics Engine</i>
4	Encryption	Pengujian enkripsi menggunakan <i>library Crypto++</i> . Tes ini dipecah menjadi empat tahap dengan masing-masing tahap menggunakan algoritma <i>TwoFish</i> , <i>AES</i> , <i>Salsa20</i> & <i>SHA256</i> dan algoritma <i>Hashing</i> .
5	Compression	Tes kompresi dengan algoritma pengkodean Adaptif berdasarkan <i>source code "Arithmetic Coding for Compression Data"</i> .
6	Multimedia	Pengujian pemrosesan informasi berupa <i>image</i> , <i>audio</i> , dan <i>video</i> .
7	Prime numbers	Pengujian pencarian bilangan prima
8	Floating Point	Pengujian kalkulasi menggunakan variabel <i>floating point</i>
9	Integer	Pengujian kalkulasi menggunakan variabel <i>integer</i> .
10	CPU Mark	Merupakan nilai rata-rata atas hasil pengukuran terhadap seluruh parameter

TABEL IV  
PARAMETER PENGUJIAN MEMORY

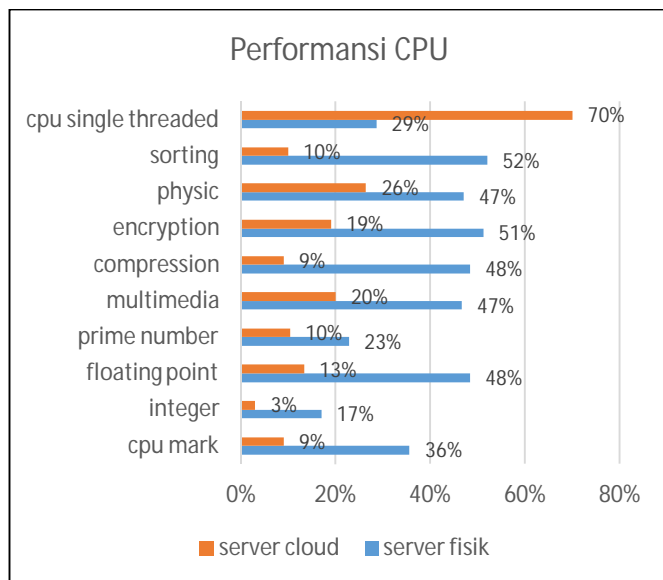
No	Parameter	Keterangan
1	Memory Threaded	Pengukuran waktu untuk membaca blok memori yang besar sehingga tidak bisa disimpan dalam <i>cache</i> .
2	Latency	Pengukuran waktu yang diperlukan oleh satu byte memori untuk ditransfer ke CPU.
3	Available RAM	Pengukuran alokasi memori yang tersedia untuk digunakan oleh aplikasi.
4	Memory Write	Pengukuran waktu yang diperlukan untuk menulis informasi ke <i>memory</i>
5	Memory Read Uncached	Pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk membaca blok memori yang besar sehingga tidak bisa disimpan dalam <i>cache</i> .
6	Memory Read Cached	Pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk membaca blok memori yang kecil. Blok tersebut cukup kecil untuk disimpan sepenuhnya dalam <i>cache</i> .
7	Database Operations	Pengukuran kemampuan memori dalam mempertahankan struktur data pada database berbasis C++ STL containers.
8	Memory mark	Merupakan nilai rata-rata atas hasil pengukuran terhadap seluruh

	parameter
--	-----------

TABEL V  
 PARAMETER PENGUJIAN HARDDISK

No	Parameter	Keterangan
1	Disk Random Seek RW	Pengukuran kemampuan harddisk dalam pencarian informasi pada file berukuran besar.
2	Disk Sequential Write	Pengukuran kemampuan harddisk dalam menulis informasi secara sequensial.
3	Disk Sequential Read	Pengukuran kemampuan harddisk dalam membaca informasi secara sequensial.
4	Disk mark	Merupakan nilai rata-rata atas hasil pengukuran seluruh parameter

Berdasarkan pengujian *passmark* yang dilakukan sebanyak lima kali terhadap performansi CPU, *memory* dan *harddisk*, hasilnya ditunjukkan pada gambar 6 berikut:

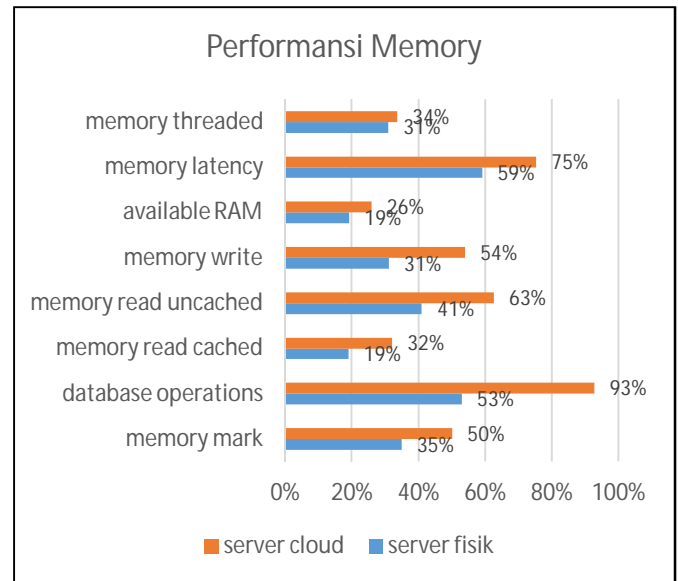


Gambar 6. Grafik Performansi CPU

Sesuai dengan gambar 6, pengujian performansi CPU menunjukkan bahwa pada skenario pengujian pemrosesan *single thread*, server *cloud* memberikan hasil yang lebih baik, dengan skor 70%, sedangkan server fisik hanya memperoleh skor 29%. Hal ini disebabkan karena server *cloud* didukung oleh prosesor intel Xeon E3 seri E3-1225 @3.30 GHz sedangkan server fisik seri E3-1220 @3.10 GHz. pada pengujian proses kalkulasi seperti *prime number*, *floating point*, *integer* serta pengolahan data seperti *sorting*, *physic*, *encryption*, *compression*, dan multimedia, server fisik menunjukkan performansi yang jauh lebih baik daripada server *cloud*. Hal ini disebabkan karena prosesor server fisik didukung oleh teknologi *quadcore*. Sedangkan server *cloud* hanya *single core*. Secara keseluruhan skor pengujian (CPU mark) server fisik memperoleh hasil yang lebih baik

yaitu 36% dibandingkan server *cloud* dengan skor 9%, hal ini menunjukkan prosesor fisik memberikan performa yang lebih baik untuk pemrosesan *multithread*, sedangkan server *cloud* lebih baik untuk skenario *single thread*.

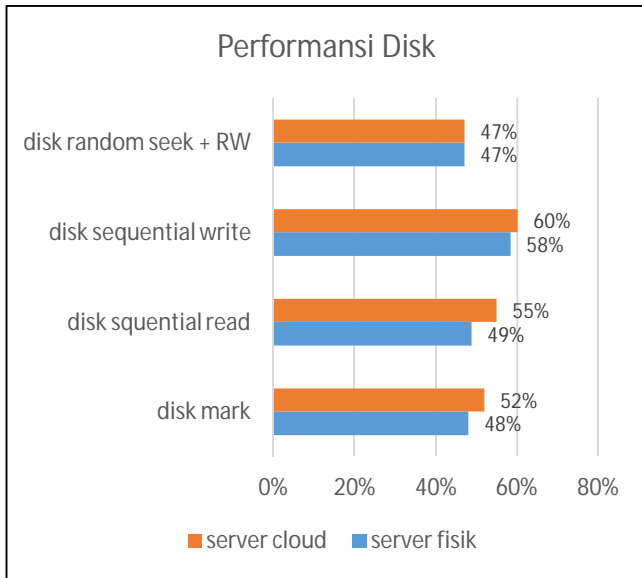
Pada pengujian performansi *memory*, server *cloud* memberikan performansi yang lebih baik pada seluruh skenario pengujian. Nilai keseluruhan menunjukkan server *cloud* memperoleh skor 50%, sedangkan server fisik memperoleh skor 35%. Hal ini disebabkan karena server *cloud* dibangun diatas virtualisasi berbasis *bare-metal hypervisor* dimana alokasi *resource* diatur secara efisien oleh *virtual machine manager*. Hasil pengujian *memory* ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Performansi Memory

Pengujian performansi *harddisk* menunjukkan hasil yang berimbang antara server *cloud* dan server fisik, dimana selisih skor secara keseluruhan tidak signifikan, sebagaimana ditampilkan pada gambar 8 berikut:

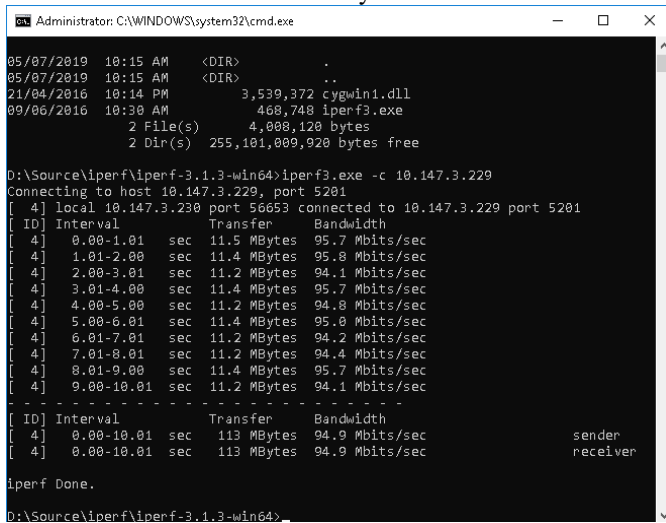




Gambar 8. Grafik Performansi Harddisk

Secara keseluruhan berdasarkan skenario yang diuji meliputi *disk random seek and RW*, *disk sequential write*, *disk sequential read*, dan *disk mark* server cloud sedikit lebih baik dengan skor 52% dan sedangkan server fisik memperoleh skor 48%.

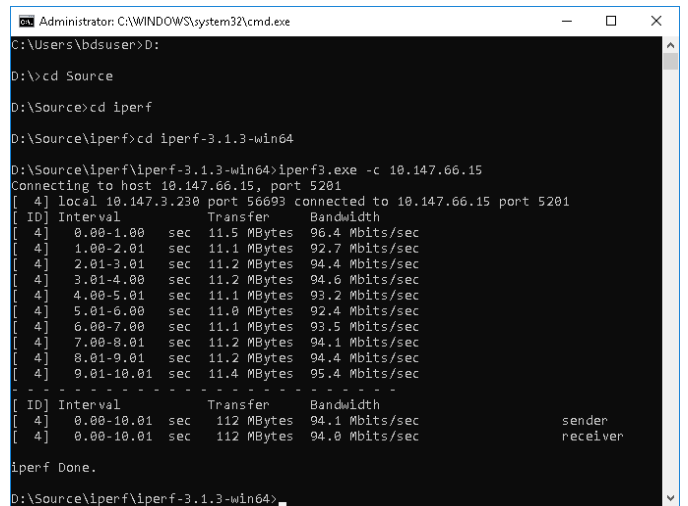
Pengujian terhadap kecepatan *network* menggunakan *tool iperf* dilakukan dengan mengukur kecepatan transmisi data dari *client* ke server dan sebaliknya.



Gambar 9. Kecepatan Network Server Fisik

Dari pengujian transfer data sebesar 113 Mbytes dari *client* ke server fisik menunjukkan *bandwidth* yang dicapai adalah 94.9 Mb/s baik untuk saat *send* maupun *receive* sebagaimana ditampilkan pada gambar 9.

Pengujian kecepatan transmisi pada server *cloud* menunjukkan pada skenario transfer data sebesar 112 MBytes dicapai *bandwidth* 94.1 Mb/s untuk proses *send*, sedangkan untuk proses *receive* dicapai dengan *bandwidth* 94.0 Mb/s seperti ditampilkan pada gambar 10 berikut:



Gambar 10. Kecepatan Network Server Cloud

Meskipun secara keseluruhan koneksi dari *client* ke server fisik lebih cepat, namun perbedaannya dengan kecepatan transmisi dari *client* ke server *cloud* tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena meskipun *client* dan server cloud berada pada jaringan lokal yang berbeda, *client* dan server masih berada dalam satu *wide area network* yang terhubung melalui koneksi *virtual private network*.

C. Pengukuran Efisiensi Investasi

Perbandingan efisiensi antara server *cloud* dengan server fisik mengacu pada biaya deployment yang berdasarkan atas parameter sebagai tabel VI berikut:

TABEL VI  
PARAMETER EFISIENSI INVESTASI

Parameter	Server Cloud (Rp)	Server Fisik (Rp)
Biaya perangkat	harga sewa rata-rata layanan <i>Infrastructure as a Service</i>	Harga rata-rata perangkat server, dengan usia teknis 5 tahun
Lisensi sistem operasi	Nihil (sudah termasuk biaya sewa perangkat)	Harga rata-rata lisensi sistem operasi.
Biaya catudaya	Nihil (menjadi beban penyedia jasa <i>cloud computing</i> )	Biaya rata-rata penggunaan listrik untuk ruang <i>server</i> selama satu bulan
Inflasi	Mengacu pada histori inflasi sejak bulan Nopember 2017 sampai dengan Juni 2019, diketahui rata-rata inflasi sebesar 3.13 %	

Berdasarkan parameter pada tabel VI diatas, diperoleh perbandingan efisiensi pada tabel VII sebagai berikut.

TABEL VII  
PERBANDINGAN EFISIENSI BIAYA SERVER CLOUD DAN SERVER FISIK

Parameter	Server Cloud (Rp)	Server Fisik (Rp)
Biaya perangkat	1.948.482,55/bulan	10.692.800/5 tahun
Lisensi sistem	-	2.085.000

operasi		
Biaya catudaya	-	1.200.000/bulan
Jumlah biaya dalam 1 tahun	23.381.790,6	27.177.800
Jumlah Biaya dalam 5 tahun	116.908.953	84.777.800
Jumlah Biaya dalam 10 tahun (asumsi inflasi 3.13%)	233.817.906	171.330.434,48
Selisih biaya dalam 1 tahun	23.381.790,60 - 27.177.800 = (3,796,009.40)	
Selisih biaya dalam 5 tahun	116.908.953 - 84.777.800 = 32.131.153	
Selisih biaya dalam 10 tahun	233.817.906 - 171.330.434,48 = 62.487.471,52	

Pada tabel VII diatas, biaya perangkat untuk server *cloud* merupakan harga layanan *cloud computing* untuk Alibaba Cloud. Demikian pula dengan harga server fisik, merupakan harga rata-rata untuk server fisik standar kantor cabang Bank Mandiri. Sesuai dengan kalkulasi tersebut, server *cloud* memberikan efisiensi sebesar Rp3,796,009.40 untuk jangka waktu satu tahun. Namun untuk jangka waktu lima tahun, biaya investasi server *cloud* lebih tinggi Rp32.131.153 daripada server fisik. Sedangkan untuk jangka waktu 10 tahun, biaya investasi server *cloud* lebih tinggi dengan selisih Rp62.487.471,52 dibandingkan dengan server fisik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi sistem *cloud computing* diatas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Arsitektur server fisik yang diterapkan pada sistem perbankan dapat dimigrasi ke arsitektur *cloud computing*.
2. Metoda ROCCA sebagai salah satu metoda adopsi *cloud computing* dapat diterapkan dalam migrasi sistem perbankan.
3. Performansi CPU pada server *cloud* memberikan keunggulan pada proses *single thread*, namun pada proses *multi thread* server fisik meberikan performansi lebih baik.
4. Performansi memory server *cloud* memberikan hasil yang lebih baik karena server *cloud* berbasis virtualisasi dengan *hypervisor (virtual machine manager)*, sedangkan dari sisi disk I/O tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.
5. Kecepatan transmisi network menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan, karena meskipun berbeda jaringan lokal, server *cloud* dan *client* masih berada dalam satu *wide area network* dengan koneksi *virtual private network*.
6. Efisiensi investasi pada implementasi server *cloud* hanya terjadi pada jangka waktu satu tahun, sedangkan untuk jangka waktu lima tahun keatas, biaya

implementasi server *cloud* lebih tinggi daripada implementasi server fisik.

#### V. SARAN

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempertimbangkan biaya implementasi *cloud computing* lebih tinggi untuk jangka waktu lebih dari lima tahun, implementasi *cloud computing* diprioritaskan hanya bagi kantor cabang yang tersebar didaerah pelosok. Sehingga memberikan keunggulan dari sisi biaya *maintainance*, khususnya biaya akomodasi dan transportasi.
2. Mengembangkan aplikasi BDS berbasis web, sehingga kebutuhan server kantor cabang dapat dieliminasi.
3. Implementasi *cloud computing* dapat diterapkan untuk *project* yang bersifat *temporary*, misalnya program promosi dengan periode kurang dari 6 bulan.

#### REFERENSI

- [1] C. Setiawan and E. S. Emirisa, "The Policy Analysis of The Pilot Project Priority of Information System Implementation Using Analytical Hierarchy Process," *J. Perkonnas*, 2014.
- [2] A. R. Hakim, "Analisis Perbandingan Sistem Cloud Azure Dan Google Cloud," *J. Nas. Inform. Teknol. Jar.*, Sep. 2016.
- [3] K. Sunami, "Ubiquitous Banks: Cloud Based Design for Core Banking," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci.*, vol. Volume 8, No. 2, March 2017 (Special Issue), 2017.
- [4] A. Aljabre, "Cloud Computing for Increased Business Value," 2012.
- [5] S. Heripracoyo, "Analisa Studi Literatur Manfaat Implementasi Komputasi Awan Untuk Perusahaan," 2014.
- [6] K. Rathod, "Cloud Computing – Key Pillar For Digital India," *Int. J. Inf. Sci. Tech. IJIST*, vol. Vol.6, no. No.1/2, 2016.
- [7] S. K. Sharma, A. H. Al-Badi, S. M. Govindaluri, and M. H. Al-Kharusi, "Predicting Motivators Of Cloud Computing Adoption: A Developing Country Perspective," *Comput. Hum. Behav.*, vol. 62, 2016.
- [8] P. Rieger, H. Gewalt, and B. Schumacher, "Cloud-Computing in Banking Influential Factors, Benefits and Risks from a Decision Makers Perspective." Researchgate, 2013.
- [9] B. Nedelcu, M.-E. Stefanet, I.-F. Tamasescu, S.-E. Tintoiu, and A. Vezeanu, "Cloud Computing and its Challenges and Benefits in the Bank System," *Database Syst. J.*, vol. VI, no. 1, 2015.
- [10] C. Agre, "Implementation of a Cloud in Banking Sector," 2015.
- [11] P. Goel, "Cloud Computing- Banking on the Cloud," 2013.
- [12] A. Irfan and P. I. Santosa, "Adopsi Cloud Computing Pada UKM Di Indonesia," 2015.
- [13] A. Apostu, E. Rednic, and F. Puican, "Modeling Cloud architecture in banking systems," *elsevier*, 2012.
- [14] S. Goyal, "Public vs Private vs Hybrid vs Community - Cloud Computing: A Critical Review," *IJ Comput. Netw. Inf. Secur.*, 2014.
- [15] V. Chang, R. J. Walters, and G. B. Wills, "Organisational Sustainability Modelling –anemerging service and analytics model for evaluating Cloud Computing adoptionwith two case studies," *Int. J. Inf. Manag.*, vol. Vol. 36, no. 1, pp. 167–179, 2016.
- [16] D. Ray, "Cloud Adoption Decisions: Benefitting from an Integrated Perspective," *TheElectronic J. Inf. Syst. Eval.*, vol. Vol. 19, no. No.1, 2016.
- [17] F. Shimba, "Cloud Computing :Strategies for Cloud Computing Adoption," 2010.
- [18] M. Suprayogi, "Implementasi Cloud Computing Menggunakan Model Adopsi Roadmap For Cloud Computing Adoption (ROCCA) Pada



- Institusi Pendidikan (Studi Kasus Universitas Semarang),” 2014, 2014.
- [19] J. Hwang, S. Zeng, F. y Wu, and T. Wood, “A Component-Based Performance Comparison of Four Hypervisors,” 2013.
- [20] R. Kumar and S. Charu, “An Importance of Using Virtualization Technology in Cloud Computing,” *Glob. J. Comput. Technol.*, vol. Vol. 1, no. No. 2, 2015.
- [21] H. Fayyad-Kazan, L. Perneel, and M. Timmerman, “Benchmarking the Performance of Microsoft Hyper-V server, VMware ESXi and Xen Hypervisors,” 2013.