

Pengembangan Elemen Cloud Computing dalam Sistem
Teknologi Informasi

Penulis :

Herwin Anggeriana, Andri, Yohanes Valentino Susilo, Francis Matheos

Abstrak

Cloud computing dalam bahasa Indonesia diterjemahkan menjadi komputasi awan. Beberapa tahun terakhir menjadi hotword di dunia teknologi informasi (TI). Nama besar, seperti IBM, Microsoft, Google, dan Apple adalah beberapa contoh penguasa terbesar komputasi awan.

IBM misalnya pada akhir tahun 2009 meluncurkan LotusLive, layanan kolaborasi berbasis cloud, Microsoft, Ray Ozzie sebagai chief software architect pengganti Bill Gates, sudah mengadopsi windows Azure, sistem operasi berbasis cloud menjadi masa depan Windows OS. Apple menyediakan layanan Mobile Me yang memungkinkan pengguna produk Mac melakukan sinkronisasi data dalam cloud.

Sementara google memberikan layanan google docs. Layanan ini memungkinkan user membuat dokumen secara online tanpa perlu menginstall software di PC atau notebook. Google juga meluncurkan sistem operasi cloudnya yaitu sistem operasi alternative dari sistem operasi yang sudah ada yang kemungkinan besar menjadi ancaman serius bagi penyedia sistem operasi.

Keyword : Cloud Computing, Teknologi Informasi, Web Application Server (WAS)

PENDAHULUAN

Berbicara tentang sistem cloud computing, akan sangat membantu bila membaginya menjadi 2 kelompok yakni : front – end dan back – end. Keduanya terhubung melalui jaringan (internet). Front – end terletak pada sisi pengguna atau client. Sementara back – end adalah bagian awan dalam sistem ini (dalam diagram jaringan internet kerap digambarkan sebagai awan).

Front – end mencakup komputer (atau jaringan komputer) client, dan aplikasi yang diperlukan untuk mengakses sistem cloud computing. Tidak semua sistem cloud computing memiliki interface yang sama. Untuk mengakses layanan Web 2.0 seperti email berbasis web hanya dibutuhkan web browser biasa seperti Firefox, Internet Explorer, atau Opera.

Namun adapula sistem cloud computing yang memiliki aplikasi sendiri (proprietary) yang harus di-install di komputer client. Sementara itu pada sisi back – end dari sistem cloud computing terdapat beragam komputer, server dan sistem penyimpanan data yang semuanya menciptakan “awan” bagi layanan komputasi.

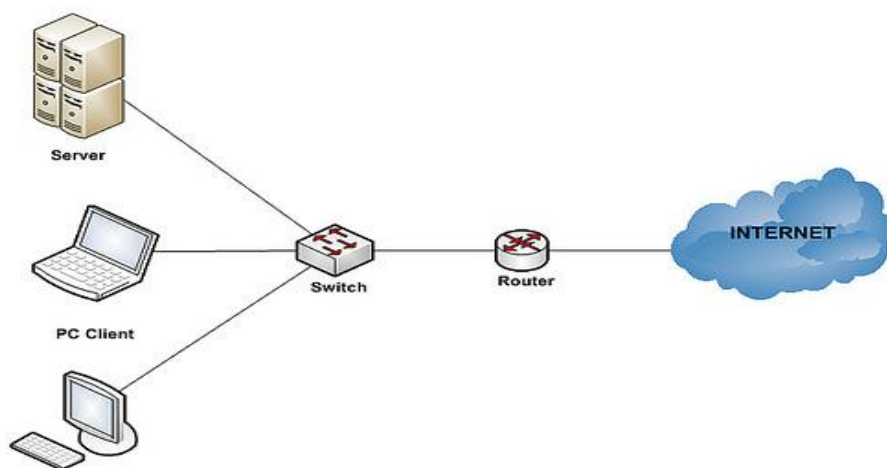
PEMBAHASAN

Topologi Jaringan Cloud Computing

Secara teoritis, sebuah sistem cloud computing mencakup semua program komputer yang dapat anda bayangkan dari data processing hingga video game. Biasanya setiap aplikasi dijalankan dan memiliki server sendiri (dedicated server). Sebuah server pusat mengatur jalannya sistem seperti memonitor lalu lintas dan permintaan client untuk memastikan semuanya berjalan dengan baik.

Bila sebuah perusahaan cloud computing memiliki banyak client, maka kebutuhan akan ruang penyimpanan data (storage space) pun akan membengkak. Sistem cloud computing paling tidak membutuhkan ruang penyimpanan data dua kali lebih besar daripada kebutuhan riil untuk membuat

salinan (copy) semua data client. Ini dimaksudkan mencegah kehilangan data bila terjadi gangguan pada media penyimpanan utama.



Gambar 1.0 Gambaran umum topologi cloud computing

Distribusi Beban Vertikal

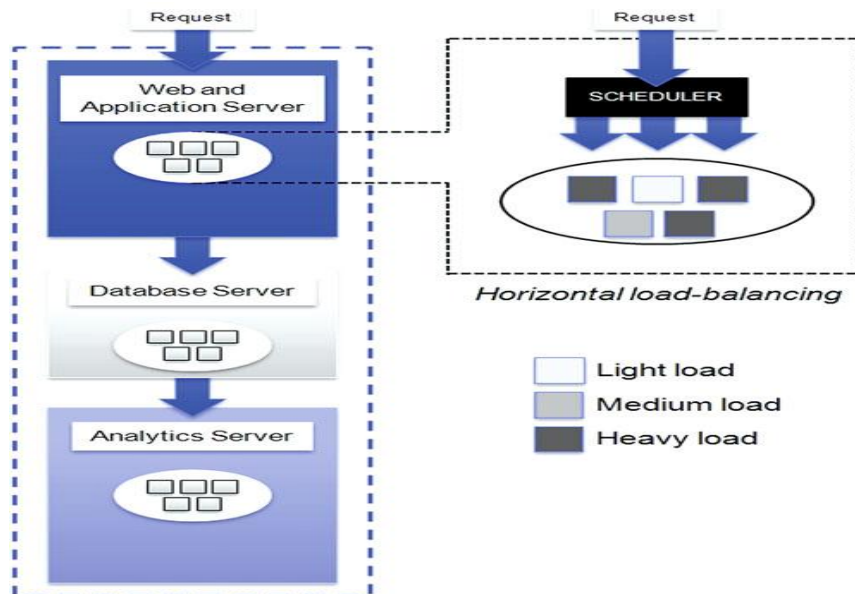
Cloud Computing menyediakan perangkat lunak sebagai layanan cadangan untuk pengguna terakhir, tapi infrastruktur yang mendasari harus cukup terukur dan kuat. Dan harus fokus pada sistem cloud perusahaan skala besar dan meneliti bagaimana perusahaan dapat menggunakan Service Oriented Architecture (SOA) untuk menyediakan interface yang efisien bagi proses bisnis.

Untuk meningkatkan proses bisnis, masing – masing tingkatan SOA biasanya menyebarkan beberapa server muatan distribusi dan toleransi kesalahan. Salah satu keterbatasan dari pendekatan ini adalah beban yang tidak dapat didistribusikan lebih lanjut ketika semua server pada tingkatan / jajaran yang sama dimuat.

Dalam sistem awan enterprise, arsitektur berorientasi layanan SOA dapat digunakan untuk menyediakan antarmuka yang mendasari proses bisnis, yang ditawarkan melalui awan (cloud). SOA dapat bertindak sebagai sebuah front – end terprogram ke berbagai komponen layanan yang dibedakan sebagai individu dan pendukung server.

Permintaan yang masuk ke layanan yang disediakan oleh gabungan SOA harus diteruskan ke komponen yang benar dan server masing – masing, dan seperti routing harus terukur untuk mendukung sejumlah besar permintaan.

Dalam rangka meningkatkan proses bisnis, setiap tingkatan dalam sistem biasanya menyebarkan beberapa server untuk mendistribusikan beban dan toleransi kesalahan, seperti distribusi beban di beberapa server dalam tingkat yang sama dapat dilihat sebagai distribusi beban di beberapa server dalam tingkat yang sama dapat dilihat sebagai distribusi beban horizontal, tampak seperti gambar berikut :

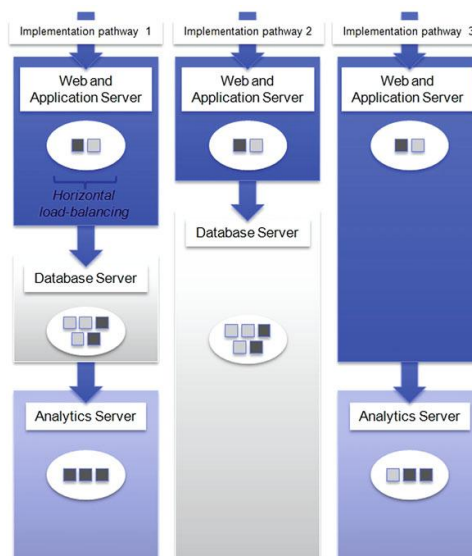


Gambar 2.0 Horizontal distribusi beban : beban didistribusikan di dalam server, dalam tingkat yang sama

Salah satu batasan dari distribusi beban horizontal adalah bahwa beban tidak dapat didistribusikan lebih lanjut ketika semua server dalam tingkatan tertentu mengambil hasil dari kesalahan konfigurasi infrastruktur.

Sebuah pengamatan penting adalah bahwa dalam sistem kompleks SOA multi-tier, proses bisnis tunggal sebenarnya bisa dilaksanakan oleh beberapa jalur yang berbeda melalui tingkat perhitungan dalam rangka memberikan ketahanan dan skalabilitas.

Sebuah layanan komposit dapat direpresentasikan sebagai tingkatan pemanggilan beberapa komponen dalam sebuah infrastruktur TI berbasis SOA. Dalam sistem seperti itu, dibedakan distribusi beban horizontal, dimana beban dapat tersebar di beberapa server untuk satu komponen layanan, dari distribusi beban vertikal, dimana beban dapat tersebar di beberapa implementasi dari layanan yang diberikan. Gambar berikut menggambarkan istilah – istilah di atas .



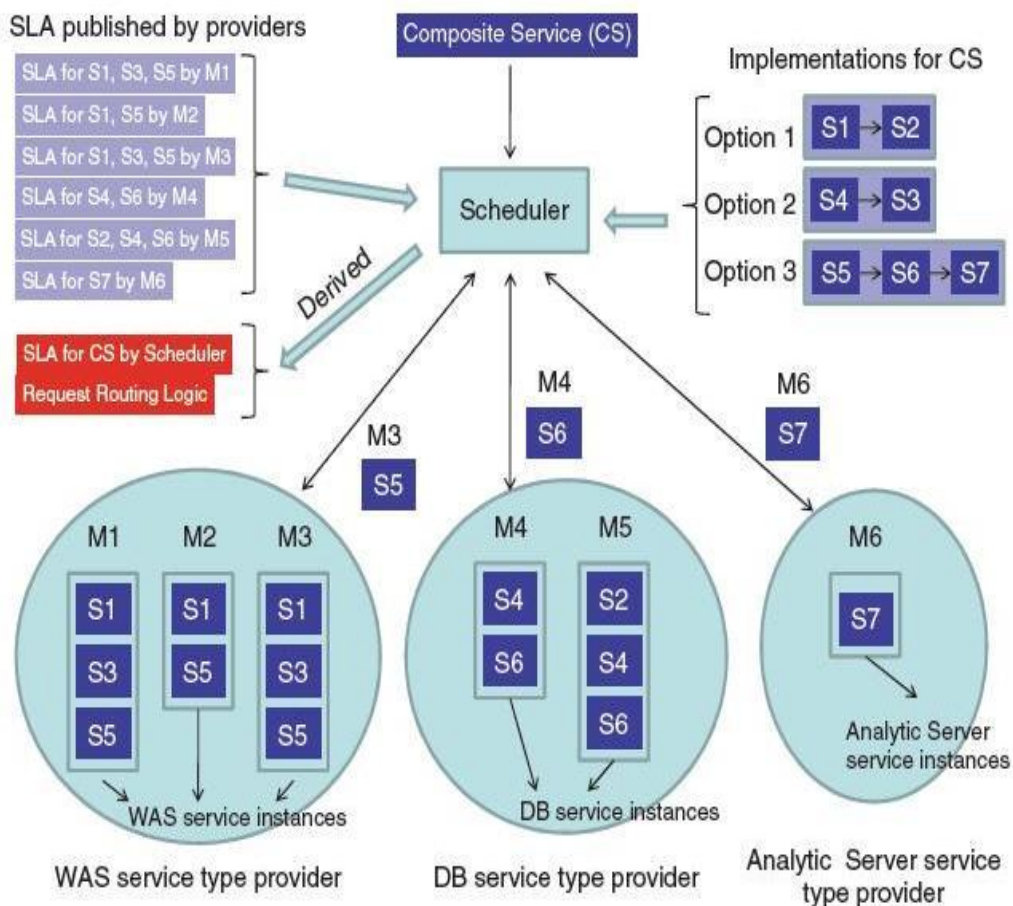
Gambar 3.0 Distribusi beban vertikal

Tugas analitik komposit online dapat direpresentasikan sebagai panggilan untuk Web dan Aplikasi Server (WAS) untuk melakukan pra pemrosesan, diikuti dengan sebuah panggilan dari WAS ke server database (DB) untuk mengambil data yang dibutuhkan. WAS meneruskan data yang ditetapkan ke server analitik khusus untuk tugas komputasi data mining yang mahal.

Tugas komposit memiliki beberapa implementasi di pusat data modern IT. Implementasi alternative dapat memanggil prosedur yang tersimpan pada database untuk menjalankan data mining dan bukan memiliki server analitik khusus untuk melakukan tugas ini. Implementasi alternative menyediakan distribusi beban vertical dengan memungkinkan penjadwalan pekerjaan untuk memilih implementasi WAS dan DB saat analitik server tidak tersedia.

Reusability adalah salah satu tujuan utama dari pendekatan SOA. Sehubungan dengan reusability yang tinggi dari komponen aplikasi, adalah mungkin untuk menentukan alur kerja yang kompleks dengan beberapa cara. Sulit menilai untuk menilai, mana yang merupakan penerapan terbaik.

Pada bagian ini diberikan gambaran sistem arsitektur dan contoh komputasi awan yang disederhanakan (seperti pada gambar berikut).



Gambar 4.0 Request routing for SOA based enterprise computing with multiple implementation options.

Proses analitik berjalan pada Web dan Aplikasi Server (WAS), Database Server (DB), dan Server Analytic khusus. Proses analitik dapat diimplementasikan oleh salah satu dari tiga pilihan (

seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas) : 1). Mengeksekusi beberapa pra – pengolahan di WAS (S1) dan kemudian memiliki DB untuk menyelesaikan perhitungan analitik (S2); 2). Mengambil data dari DB (S4) ke WAS dan kemudian menyelesaikan sebagian besar perhitungan analitik di WAS (S3); 3). Mengeksekusi beberapa pra – pengolahan di WAS (S5), dan kemudian mengambil data yang diperlukan (S6) dan akhirnya menampilkan AS untuk melakukan perhitungan sisa analitik (S7).

Proses analitik memerlukan tiga jenis layanan yang berbeda, yaitu : layanan jenis WAS, layanan jenis DB, dan layanan jenis AS, S1, S3 dan S5 adalah contoh dari jenis layanan WAS karena mereka adalah layanan yang diberikan / disediakan oleh Web dan Application Server (WAS). Demikian pula, S2, S4, dan S6 merupakan contoh dari jenis layanan Database Server (DS), dan S7 adalah turunan dari jenis layanan Analytic Server (AS).

Selain itu, ada tiga jenis server : WS server (M1, M2, dan M3); DB server (M4 dan M5) dan AS server (M6). Meskipun server dapat mendukung hal lain dari jenis layanan yang diberikan secara umum hal ini tidak selalu terjadi. Sebagai contoh : setiap server dapat mendukung semua contoh jenis layanan perusahaan kecuali M2 dan M4 adalah server yang kurang kuat sehingga mereka tidak dapat mendukung layanan komputasi yang mahal , S2 dan S3.

Setiap server memiliki Service Level Agreement (SLA) untuk setiap contoh layanan yang mendukung. SLA diterbitkan dan tersedia untuk penjadwalan, SLA termasuk informasi seperti beban profil versus waktu respond an batas atas permintaan ukuran beban dimana server dapat memberikan jaminan waktu respon-nya.

Scheduler bertanggung jawab untuk routing dan mengkoordinasikan pelaksanaan pelayanan komposit / gabungan dari satu atau lebih implementasi. Sebuah SLA yang diperoleh hanya dapat digunakan secara logika routing. Scheduler dapat memperoleh SLA dan logika routing serta menangani permintaan routing atau Scheduler dapat digunakan hanya untuk tujuan menurunkan SLA dan logika routing saat mengkonfigurasi isi router seperti Cisco System Inc, untuk kinerja tinggi dan hardware berbasis routing.

Scheduler juga dapat ditingkatkan untuk melakukan tugas pemantauan yang actual dari Quality of Service (QoS) yang dicapai oleh eksekusi alur kerja dan oleh penyedia layanan individu. Jika scheduler mengamati kegagalan penyedia layanan tertentu untuk QoS yang dipublikasikan, dapat menghitung kembali kelayakan dari QoS dan logika routing sesuai kebutuhan permintaan yang dapat beradaptasi dengan lingkungan runtime.

Perangkat Lunak Cloud Computing

OpenStack, Perangkat Lunak Cloud Computing Open Source

OpenStack merupakan open source cloud computing software untuk membangun infrastruktur cloud yang reliable. Dipublikasikan pada tanggal 19 Juli 2010. Tujuan OpenStack adalah memungkinkan setiap organisasi perusahaan membuat dan menyediakan layanan cloud computing dengan menggunakan perangkat lunak open source yang berjalan di atas perangkat keras yang standar.

Terdapat dua jenis OpenStack, yaitu OpenStack Compute dan OpenStack Storage. OpenStack Compute adalah perangkat lunak untuk melakukan otomatisasi saat membuat ataupun mengelola virtual private server (VPS) dalam jumlah besar. Sedangkan OpenStack Storage adalah perangkat lunak untuk membuat object storage yang bersifat scalable serta redundant dengan menggunakan cluster untuk menyimpan data data dalam ukuran terabytes atau bahkan petabytes.

Seluruh kode OpenStack berada dibawah lisensi Apache 2.0. sehingga memungkinkan siapapun untuk menjalankan, membangun perangkat lunak lain diatas perangkat lunak OpenStack atau mengirimkan perubahan kode entah sebagai patch atau fitur baru.

OpenStack telah digunakan perusahaan besar hosting seperti Rackspace Hosting dan NASA. Mereka menggunakan teknologi OpenStack untuk mengelola puluhan ribu compute instance dan storage dalam ukuran petabytes.

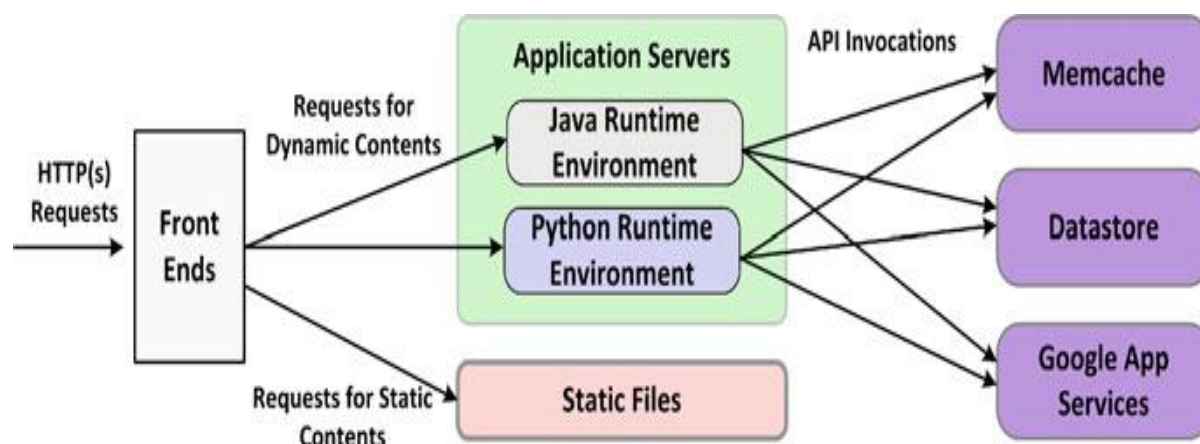
GoGrid

GoGrid memiliki karakteristik umum dengan Amazon di area klasik komputasi awan. Go Grid menyediakan pelanggan dengan antarmuka web yang user-friendly service, mudah dimengerti demontrasi video dan sistem penagihan yang ketat tapi murah.

GoGrid juga menyediakan Hybrid Hosting yang merupakan fitur pembeda. Banyak aplikasi namun tidak dapat berjalan dengan baik di lingkungan server yang murni multi-tenant. Performance database lebih baik pada dedicated server, dimana GoGrid tidak perlu bersaing untuk input/output sumber daya, situasi ini mirip dengan aplikasi web server. GoGrid menyediakan aplikasi – aplikasi khusus dengan dedicated server yang memiliki jaminan keamanan yang tinggi.

Google App Engine

Tujuan utama Google App Engine (GAE) adalah mengefisienkan pengguna menjalankan aplikasi web. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5.0 Arsitektur dari Google App Engine

Google App Engine mempertahankan Python dan lingkungan runtime Java pada server aplikasi, bersana dengan beberapa Application Programming Interface sederhana untuk mengakses layanan google.

Selanjutnya menyebar permintaan http dengan load balancing dan routing strategi yang didasarkan pada contents (isi). Runtime sistem yang berjalan pada aplikasi server yang ideal dengan pengolahan logika aplikasi dan menyediakan konten web dinamis, sedangkan halaman statis dilayani bersama oleh infrastruktur Google.

Untuk memisahkan data dari server aplikasi, Google App Engine (GAE) menempatkan data ke dalam Datastore dari sistem file local. Aplikasi mengintegrasikan layanan data dan Google App layanan lainnya, seperti email, penyimpanan foto dan sebagainya melalui Application Programming Interface (API) yang disediakan oleh Google App Engine (GAE). Selain layanan, google menyediakan beberapa tools untuk pengembang, dalam hal ini membantu pengembang membangun aplikasi web dengan mudah di GAE.

Berikut ini ada 11 top open source cloud application yang diambil dari GigaOm untuk keperluan pelayanan, pendidikan, support, general item of interest, dan lainnya.

1). Eucalyptus. Dikeluarkan sebagai open source dengan menggunakan lisensi FreeBSD-style. Eucalyptus dapat digunakan sebagai infrastruktur cloud computing dalam cluster yang dapat menduplikasi fungsionalitas Amazon EC2. Eucalyptus menggunakan command line tool dari Amazon. Sebagai langkah awal Eucalyptus System terlebih dahulu membuat venture funding, untuk membiayai staff termasuk arsitek dari Eucalyptus project. Mereka mengeluarkan update software framework-nya. Dilengkapi dengan fitur cloud computing yang akan digunakan pada Linux Ubuntu versi terbaru.

2). Red Hat Cloud. Red Hat membuka open source cloud computing forum, yang berisi banyak presentasi mengenai ide perpindahan dari open source untuk mengikuti teknologi cloud.

3). Traffic Server adalah sebuah sistem yang digunakan secara in house oleh Yahoo untuk mengatur traffic mereka sendiri. Mereka bisa mengatur session management, authentication, configuration manahement, load balancing, dan routing untuk semua cloud computing software stack. Traffic server memberikan kemudahan bagi para IT administrator untuk mengalikasikan sumber daya.

4). Cloudera adalah open source Hadoop software framework yang mulai digunakan pada cloud computing deployment karena fleksibilitasnya yang tinggi dan menggunakan cluster-based. Data-intensive queries tools ini jadi banyak diminati. Hal ini terlewatkan oleh Apache Software Foundation. Yahoo memiliki time-tested Hadoop distribution sendiri. Cloudera sangat menjanjikan.

5). Puppet adalah teknologi virtual server yang dapat diimplementasikan pada cloud computing. Dapat digunakan sebagai reductive lab open source software. Software dibangun dengan menggunakan Cfengine system. Hebatnya, banyak sistem administrator yang memanfaatkan software ini.

6). Enomaly adalah Elastic Computing Platform (ECP) yang merupakan akar dari enomalism open source provisioning and management software. Teknologi ini didesain untuk mengatur kompleksitas implementasi infrastruktur cloud. ECP adalah sebuah programmanle virtual cloud computing infrastructure untuk ukuran kecil.

7). Joyent adalah sebuah software yang memulai open source cloud dengan memanfaatkan Javascript dan Git. Infrastruktur Joyent cloud hosting dan cloud management software membuka banyak open

source tools untuk public dan private cloud. Perusahaan ini membantu mengoptimasi kecepatan implementasi dari open source MySQL database untuk penggunaan cloud use.

8). Zoho. Banyak orang mengenal Zoho sebagai freeware, online application. Ia menjadi pesaing dari Google Docs. Zoho core adalah open source & mdash ; sebuah contoh bagaimana solusi SaaS dapat bekerja secara harmonis dengan open source.

9). Reservoir adalah sebuah inisiatif dari European Research untuk mengembangkan virtualized infrastructure and cloud computing. Mereka mengembangkan teknologi open source untuk cloud computing dan membantu pengguna bisnis menghemat biaya IT.

10). OpenNebula. OpenNebula VM Manager adalah sebuah komponen dasar dari Reservoir. Ia merupakan sebuah jawaban open source untuk berbagai macam jenis virtual machine management yang banyak digunakan secara proprietary, interfacenya dapat dengan mudah dipahami dengan cloud infrastructure tools and services. OpenNebula adalah open source virtual infrastructure engine yang memberikan implementasi dan replacement virtual machines pada physical resources.

Manajemen Cloud Computing

Secara teoritis, sumber daya cloud berbasis layanan tidak berbeda dari sumber daya di lingkungannya. Idealnya kita memiliki pandangan yang lengkap tentang sumber daya yang digunakan. Dalam lingkungan awan (cloud) kebanyakan, pelanggan hanya dapat mengakses layanan, yang berhak mereka gunakan. Tiga aspek manajemen sumber daya cloud computing : 1). Keamanan TI; 2). Kinerja Manajemen; dan 3). Provisioning.

Kinerja Manajemen

Manajemen kinerja adalah proses bagaimana layanan perangkat lunak berjalan efektif di dalam lingkungan sendiri (PC sendiri) ataupun melalui awan (cloud). Jika terhubung dengan perangkat lunak langsung ke perangkat lunak yang berjalan di awan (cloud), kemungkinan besar akan ada potensi kemacetan pada titik koneksi.

Jasa Manajemen

Jasa manajemen mencakup semua kegiatan operasi data center, termasuk disiplin yang diperlukan dalam manajemen cloud computing, alat untuk mengelola jasa layanan yang diperlukan antara lain : fisik, TI, dan virtual. Layanan manajemen mencakup berbagai disiplin, yaitu konfigurasi manajemen; asset manajemen; jaringan manajemen; kapasitas perencanaan; analisis akar penyebab; beban kerja manajemen; patch dan memperbaharui manajemen.

Mengelola Beban kerja Cloud

Bagaimana mengatur cloud? Persyaratan dasar adalah pengorganisasian beban kerja. Beban kerja adalah sebuah layanan independen atau kumpulan kode yang dapat dieksekusi. Beban kerja tidak perlu bergantung pada unsur luar, harus dapat menyeimbangkan dua hal; 1). Aplikasi atau komponen yang berjalan di awan (cloud); 2). Kebutuhan bisnis untuk melakukan perkiraan / estimasi kebutuhan bisnis. Organisasi harus aktif mengelola beban kerja sehingga mereka tahu; a). Bagaimana

aplikasi mereka berjalan; b). Apa yang harus mereka lakukan; c). Berapa banyak departemen individu atau UKM harus dikenakan biaya untuk setiap penggunaan layanan cloud computing.

Setiap provider layanan cloud computing membutuhkan perencanaan untuk beban kerja. Manajemen perlu memahami jenis beban kerja mereka untuk ditempatkan di cloud.

Beban kerja bisa menjadi segalanya dari data intensive untuk penyimpanan beban kerja atau proses transaksi beban kerja.

Yang perlu diperhatikan dalam manajemen pengelolaan cloud computing adalah mendeklarasikan jenis data. Banyak jumlah data yang menggunakan layanan cloud. Sifat datanya berubah, meliputi keragaman data meningkat dan data beragam; latency persyaratan menjadi lebih menuntut. Perusahaan menuntut latency yang lebih rendah. Cloud dapat : 1). Menyediakan sumber daya untuk mengakses permintaan data dengan harga murah; dan 2). Mendukung bisnis dalam penggunaan data secara kolaboratif.

KESIMPULAN

Meskipun virtualisasi membantu perusahaan mencapai sesuatu yang lebih tinggi dengan melanggar ikatan fisik antara infrastruktur IT dan penggunaannya, ancaman keamanan yang tinggi harus diatasi dalam rangka untuk mendapatkan manfaat sepenuhnya dari paradigman komputasi baru.

Hal ini terutama berlaku untuk penyedia SaaS. Kekhawatiran keamanan adalah diskusi bernilai lebih. Sebagai contoh, di awan, anda kehilangan kendali atas asset, sehingga model keamanan anda harus ditinjau kembali. Keamanan yang baik bagi perusahaan adalah yang menjadi mitra, department yang dapat diandalkan atau dipercaya. Dapatkah anda mempercayai data ke penyedia layanan Anda?

Dengan model awan, anda kehilangan control atas keamanan fisik. Dalam awan umum, anda berbagi sumber daya komputasi dengan perusahaan lain. Di luar perusahaan anda tidak memiliki pengetahuan atau kendali dimana sumber daya dijalankan. Mengekspos data anda dalam lingkungan bersama dengan perusahaan lain, menjadikan "alasan yang masuk akal" bagi pemerintah untuk menyita asset anda karena perusahaan lain tersebut telah melanggar hukum. Hanya karena anda berbagi ruangan di awan dapat menempatkan data anda pada resiko penyitaan / penyerangan.

Di satu sisi, layanan penyimpanan yang disediakan oleh satu vendor awan mungkin tidak compatible dengan layanan vendor lain, namun di satu sisi anda harus memutuskan untuk berpindah dari satu ke yang lain, dalam rangka memenuhi kebutuhan perusahaan anda.

Jika informasi dienkripsi saat melewati awan, siapa yang mengontrol kunci enkripsi / dekripsi? Apakah pelanggan atau perusahaan cloud? Kebanyakan nasabah ingin data mereka dienkripsi dengan dua tipe control (pengontrolan oleh pelanggan atau perusahaan cloud) di internet menggunakan Secure Sockets Layer Protocol (SSL). Mereka juga ingin data mereka terenkripsi ketika sedang beristirahat di pool penyimpanan perusahaan awan (cloud). Pastikan anda sebagai pelanggan mengontrol kunci enkripsi / deskripsi, sama seperti ketika data masih tinggal di server anda sendiri.

Model bisnis baru yang dikembangkan sebagai hasil dari pengalihan ke cloud computing tidak hanya menciptakan teknologi baru dan proses operasional bisnis tetapi juga persyaratan keamanan

baru dan tantangan yang baru. Sebagai langkah evolusi terbaru dalam model layanan cloud, SaaS akan tetap menjadi model layanan awan yang dominan untuk masa yang akan datang dan sebagai tempat kebutuhan yang paling penting untuk praktik keamanan dan pengawasan.

REFERENSI :

Barnett, Alex. So what is this Platform as a Service Thing? April 8, 2008.

<http://alexbarnett.net/blog/archive/2008/04/08/so-what-is-this-platform-as-a-service-thing.aspx>.

Llorente, I. M. (July 2008). Towards a new model for the infrastructure grid. *Panel From Grids to Cloud Services in the International Advanced Research Workshop on High Performance Computing and Grids, Cetraro, Italy.*

Andressen, Marc. The three kinds of platforms you meet on the Internet. September 16, 2007.

<http://blog.pmarca.com/2007/09/the-three-kinds.html>.

MacVittie, Lori. As a Service: The many faces of the cloud. November 20, 2008.

<http://devcentral.f5.com/weblogs/macvittie/Default.aspx>

MacVittie, Lori. Bursting the Cloud. September 3, 2008.

<http://devcentral.f5.com/weblogs/macvittie/archive/2008/09/03/3584.aspx>

Staten, James. Is Cloud Computing Ready For The Enterprise? Forrester Research, Inc. March 2008.

www.forrester.com

Webopedia Computer Dictionary. data center tiers.

http://www.webopedia.com/TERM/D/data_center_tiers.html

Andreessen, Marc. Analyzing the Facebook Platform, three weeks in.. June 12, 2007.

http://blog.pmarca.com/2007/06/analyzing_the_f.html

What is Social Software? <http://www.sociallibraries.com/farkaschap1.pdf> (A Companion to Social Software in Libraries by Meredith Farkas)

Takase, Akihiko D. Sc. And Kikuchi, Susumu. Platform Architecture for Networked Businesses.

http://hitachi.com/ICSFiles/afieldfile/2004/06/01/r2000_04_101.pdf

Webopedia Computer Dictionary. data center tiers.

http://www.webopedia.com/TERM/D/data_center_tiers.html

Andrei Hagiu and David B. Yoffie. Business Harvard Review . <http://www.hbr.org>.

Jerry Shenk. Log Management in the Cloud. <http://www.sans.org/>.