

Studi Perbandingan Layanan Cloud Computing

Afdhal

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh 23111
e-mail: afdhal@unsyiah.ac.id

Abstrak—Selama beberapa tahun terakhir, *cloud computing* telah menjadi topik dominan dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Saat ini, *cloud computing* menyediakan berbagai jenis layanan, antara lain layanan *hardware*, infrastruktur, *platform*, dan berbagai jenis aplikasi. *Cloud computing* telah menjadi solusi dan pelayanan, baik untuk meningkatkan kehandalan, mengurangi biaya komputasi, sampai dengan memberikan peluang yang cukup besar bagi dunia industri TIK untuk mendapatkan keuntungan lebih dari teknologi ini. Namun disisi lain, pengguna akhir (*end user*) dari layanan ini, tidak pernah mengetahui atau memiliki pengetahuan tentang lokasi fisik dan sistem konfigurasi dari penyedia layanan ini. Tujuan artikel ini adalah untuk menyajikan sebuah pemahaman yang lebih baik tentang klasifikasi-klasifikasi *cloud computing*, khususnya difokuskan pada *delivery service* (pengiriman layanan) sebagai model bisnis *cloud computing*. Artikel ini membahas model-model pengembangan, korelasi dan ketergantungan antara satu model layanan dengan model layanan yang lainnya. Artikel ini juga menyajikan perbandingan dan perbedaan tingkatan-tingkatan dari model *delivery service* yang dimulai dari mengidentifikasi permasalahan, model pengembangan, dan arah masa depan *cloud computing*. Pemahaman tentang klasifikasi *delivery service* dan isu-isu seputar *cloud computing* akan melengkapi pengetahuan penggunanya untuk menentukan keputusan dalam memilih model bisnis mana yang akan diadopsi dengan aman dan nyaman. Pada bagian akhir artikel ini dipaparkan beberapa rekomendasi yang ditujukan baik untuk penyedia layanan maupun untuk pengguna akhir *cloud computing*.

Kata kunci: *cloud computing, delivery service, IaaS, PaaS, SaaS*

Abstract—In the past few years, cloud computing has become a dominant topic in the IT area. Cloud computing offers hardware, infrastructure, platform and applications without requiring end-users knowledge of the physical location and the configuration of providers who deliver the services. It has been a good solution to increase reliability, reduce computing cost, and make opportunities to IT industries to get more advantages. The purpose of this article is to present a better understanding of cloud delivery service, correlation and inter-dependency. This article compares and contrasts the different levels of delivery services and the development models, identify issues, and future directions on cloud computing. The end-users comprehension of cloud computing delivery service classification will equip them with knowledge to determine and decide which business model that will be chosen and adopted securely and comfortably. The last part of this article provides several recommendations for cloud computing service providers and end-users.

Keywords: *cloud computing, delivery service, IaaS, PaaS, SaaS*

I. PENDAHULUAN

Pengertian umum dari *cloud computing* adalah pemberian layanan *host* secara luas melalui internet. Secara prinsip, teknologi ini didasarkan pada kumpulan beberapa teknologi dari hasil riset sebelumnya seperti *Service-Oriented Architecture (SOA)*, *Distributed System*, *Grid Computing*, dan virtualisasi yang kemudian dimodifikasi dan diperbaharui menjadi sebuah konsep baru serta dikemas sedemikian rupa menjadi sebuah model bisnis yang diberi nama “*cloud computing*” [1].

Tujuan umum *cloud computing* adalah meningkatkan kehandalan dan fleksibilitas tanpa meningkatkan biaya komputasi. Secara umum, peran dari para penyedia jasa *cloud computing* dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu: penyedia jasa infrastruktur (*infrastructure provider*) dan

penyedia jasa layanan (*service provider*). Penyedia jasa infrastruktur adalah pihak yang mengelola berbagai jenis *platform cloud* dan sumber dayanya. Penggunaan sistem komputasi ini seluruhnya mengacu pada model harga (*pricing-model*). Sementara itu penyedia jasa layanan adalah pihak yang menyewa berbagai jenis *platform cloud* dan sumber dayanya, baik dari satu maupun beberapa penyedia jasa infrastruktur untuk disewakan kembali agar dapat melayani pengguna akhir mereka [2].

Selama beberapa tahun terakhir, munculnya *cloud computing* telah memberikan dampak luar biasa terhadap dunia industri TIK [2]. Banyak perusahaan besar seperti Amazon, Cisco, Google, IBM, Microsoft dan VMware menyediakan berbagai jenis *platform cloud* dengan cara yang berbeda-beda dalam hal pengiriman layanan (*delivery service*) ke pengguna akhir. Pengiriman

layanan ini sepenuhnya berdasarkan pada model bisnis mereka masing-masing. Perusahaan-perusahaan tersebut berlomba-lomba mengembangkan model *cloud computing* sehingga lebih bertenaga dan handal serta lebih efisien dari segi harga. *Cloud computing* dapat dipertimbangkan sebagai sebuah paradigma baru dari sistem komputasi yang memungkinkan penggunanya secara temporer memanfaatkan infrastruktur komputasi melalui fasilitas internet yang disediakan sebagai sebuah layanan oleh penyedia jasa *cloud*. Oleh karena itu, perusahaan-perusahaan besar tersebut terus berusaha untuk memodifikasi dan memperbaharui berbagai jenis model bisnis baru untuk mendapatkan keuntungan dari paradigma baru sistem komputasi ini [1].

Saat ini, *cloud computing* telah menyediakan berbagai jenis layanan seperti layanan perangkat keras (*hardware*), infrastruktur, *platform*, dan aplikasi tanpa membutuhkan pengetahuan pengguna akhir tentang lokasi fisik dan konfigurasi dari sistem komputasi yang dapat mengirimkan berbagai jenis layanan ke penggunanya sendiri. Hal ini berarti, sistem komputasi telah berhasil menyembunyikan berbagai kompleksitas dari manajemen infrastruktur TIK dari para pengguna [3]. *Cloud computing* telah menjadi sebuah solusi yang sangat baik untuk meningkatkan kehandalan, memiliki kinerja yang tinggi, mengurangi biaya komputasi dan telah membuka peluang yang cukup besar untuk industri TIK untuk meraih keuntungan lebih dari sebuah sistem komputasi. Ian Foster dkk. [4] mengatakan bahwa *cloud computing* telah menjadi “*buzzword*” lain setelah *Web 2.0*, akan tetapi dari sisi lainnya, *cloud computing* adalah sebuah konsep baru yang belum sempurna, dimana terdapat selusin perbedaan definisi dan terlihat belum ada satu pun konsensus mengenai definisi *cloud*. Hal itu juga menyisakan beberapa pertanyaan dari pengguna akhir. Salah satu pertanyaan yang harus dijawab dengan benar adalah bagaimana meyakinkan pengguna akhir bahwa *cloud computing* dapat mengantarkan berbagai jenis jasa layanannya (*delivery service*) dengan nyaman kepada mereka.

Proses implementasi dari *cloud computing* membutuhkan pemahaman yang lebih baik. Pengetahuan tentang *cloud computing* dapat memberikan informasi yang lebih tentang definisi, arsitektur dan model-model *delivery service* yang dimilikinya. Isu dari *cloud computing* saat ini adalah efisiensi dan kelincahan dari sistem yang dimilikinya. Sistem ini juga secara sekaligus dapat meningkatkan kehandalan, keamanan dan pengendalian yang lebih baik, baik bagi pengguna maupun penyedia jasa. Pada setiap fase pengembangan desain dari *cloud computing* perlu dipertimbangkan penggunaan istilah-istilah yang benar, sehingga penggunanya dapat merasa nyaman dan tidak ragu-ragu dalam mengadopsi layanan-layanan yang akan dikirimkan kepada mereka oleh para penyedia jasa. Oleh karena itu, diperlukan cara yang efektif untuk mendistribusikan *cloud computing* kepada penggunanya. Namun demikian, sampai dengan sekarang *cloud computing* masih menjadi sebuah paradigma yang

berkembang dan menjadi perdebatan publik tentang isu-isu, risiko, dan manfaatnya serta ditambah lagi belum ada satu pun standar internasional tentang *cloud computing*, walaupun sebagian besar penyedia jasa telah menetapkan standar mereka masing-masing untuk memberikan layanan yang efektif untuk mengirimkan teknologi *cloud computing* kepada pengguna akhir mereka.

Banyak peneliti telah menerbitkan makalah tentang konsep (*cloud concept*), model penyebaran (*cloud deployment model*), jasa pengiriman (*cloud delivery service*), tantangan (*cloud challenges*), dan keamanan (*cloud security*) dari teknologi *cloud computing*. Namun demikian, artikel ini difokuskan secara detail untuk membahas tentang *cloud computing delivery service* sebagai model bisnis yang diberikan kepada pengguna akhir yang bersumber dari berbagai literatur yang telah diterbitkan oleh para peneliti sebelumnya.

Selanjutnya, artikel ini diorganisasikan sebagai berikut: pada bagian 2 dipaparkan motivasi penulisan artikel ini. Pada bagian 3 diulas kembali definisi dan arsitektur dari *cloud computing*, sedangkan pada bagian 4 dan 5 akan dibahas tentang perbandingan dan perbedaan tingkatan-tingkatan dari model layanan *delivery service* yang dimulai dari identifikasi permasalahan, model pengembangan, dan arah masa depan *cloud computing*. Pada bagian ini dijelaskan pemahaman yang lebih baik tentang *cloud computing delivery service* dari penyedia jasa infrastruktur ke penyedia jasa layanan dan dari penyedia jasa layanan ke pengguna akhir. Pada bagian 6 berisi kesimpulan secara ringkas tentang topik penelitian yang terkait yang digunakan sebagai referensi artikel ini, sedangkan pada bagian akhir diberikan sejumlah rekomendasi yang ditujukan baik untuk penyedia layanan maupun untuk pengguna akhir *cloud computing*.

II. MOTIVASI

Sebagaimana diketahui, selama beberapa tahun terakhir, *cloud computing* telah menjadi topik dominan dalam bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Banyak perusahaan besar terlibat dalam bisnis *cloud computing* dan banyak peneliti-peneliti dari kalangan industri, civitas akademika, serta laboratorium pemerintah telah meneliti dan menerbitkan hasil penelitiannya untuk membahas *cloud computing*, khususnya *delivery service* dan hasil yang disajikan beraneka ragam. Beberapa diantaranya mengatakan bahwa munculnya *cloud computing* sebagai layanan TIK dapat menjadi era baru dari sistem komputasi dimana terdapat sebuah sistem yang handal dan efektif tanpa meningkatnya biaya komputasi yang harus dibayar oleh pengguna akhir [1,2,3].

Menurut literatur sebagaimana yang disebutkan sebelumnya [1,2,3,4], terdapat banyak jenis dari *delivery service* yang disediakan sistem *cloud computing*, akan tetapi aturan baku antarmuka untuk berbagai jenis tingkatan dari *cloud computing delivery service* masih dalam tahap pendefinisian dan belum memiliki standar internasional. Pekerjaan yang terkait lainnya telah dilakukan oleh

United State Government's National Institute of Standards and Technology (NIST) dimana secara tidak formal mereka telah memberikan sejumlah rekomendasi tentang definisi-definisi dari *cloud computing*. Adapun maksud dan tujuan dari NIST adalah menetapkan definisi *cloud computing* secara tidak formal untuk menginisialisasi dan menginformasikan ke publik tentang definisi serta meningkatkan dan memicu perdebatan publik tentang sistem komputasi ini. Hal yang diharapkan adalah dengan adanya definisi, studi kasus, hal-hal yang mendasari teknologi, masalah, risiko, dan manfaat akan dapat disempurnakan dan akan dapat dipahami dengan lebih baik melalui perdebatan yang bersemangat baik oleh sektor publik maupun swasta [5].

Oleh karena itu, motivasi dari penulisan artikel ini adalah untuk menyajikan pemahaman yang baik tentang *cloud computing*, khususnya klasifikasi *delivery service* dengan menjabarkan perbedaan masing-masing tingkatan, model-model pengembangan bisnisnya, keterkaitan dan ketergantungan antara satu tingkatan dengan tingkatan lainnya. Artikel ini menyajikan secara kontras perbedaan dan membandingkan setiap tingkatan dari *cloud computing delivery service*, mengidentifikasi isu-isu yang terkait dan arah kedepan dari sistem komputasi ini. Tujuannya adalah untuk melengkapi pengetahuan pengguna akhir tentang setiap tingkatan dari *cloud computing delivery service* dan sejumlah isu-isu seputar teknologi ini. Hal ini akan sangat berguna apabila pengguna akhir telah mengetahui dengan jelas definisi dan hal-hal yang mendasari teknologi, masalah, risiko, dan manfaat yang akan diperoleh, sehingga mereka akan dengan lebih mudah menentukan dan mengambil keputusan model bisnis mana yang akan dipilih dan diadopsi dengan aman dan nyaman.

III. TEKNOLOGI CLOUD COMPUTING

Bagian ini akan memberikan ulasan tentang definisi, arsitektur dan model-model layanan teknologi *cloud computing*.

A. Definisi Cloud Computing

Setelah membandingkan lebih dari dua puluh definisi dari berbagai sumber untuk mencari sebuah definisi yang baku untuk *cloud computing*, Qi Zhang dkk. [2] akhirnya menyimpulkan untuk mengadopsi definisi yang telah dikeluarkan oleh NIST. NIST [5] menyatakan bahwa *cloud computing* adalah sebuah model yang memungkinkan pemberian akses secara *ubiquitous* (dimana-mana dan dari mana saja) dengan nyaman serta didasarkan pada suatu permintaan akses jaringan (*on-demand network access*) ke media tertentu yang dapat digunakan secara bersama-sama (*shared pool*) untuk dimanfaatkan sumber daya komputasi-nya yang telah dikonfigurasi (misalnya: jaringan, *server*, media penyimpanan, aplikasi, dan layanan) yang dapat ditetapkan dan dirilis secara cepat dengan upaya manajemen atau interaksi penyedia layanan yang minimum. Alasan utama Qi Zhang dkk. [2]

mengadopsi definisi yang telah dikeluarkan oleh NIST adalah walaupun ada perbedaan persepsi tentang *cloud computing*, namun *cloud* bukanlah suatu teknologi baru, akan tetapi merupakan sebuah model operasi baru yang dapat menyatukan satu set teknologi yang sudah ada yang dapat digunakan untuk menjalankan bisnis dengan cara yang berbeda-beda.

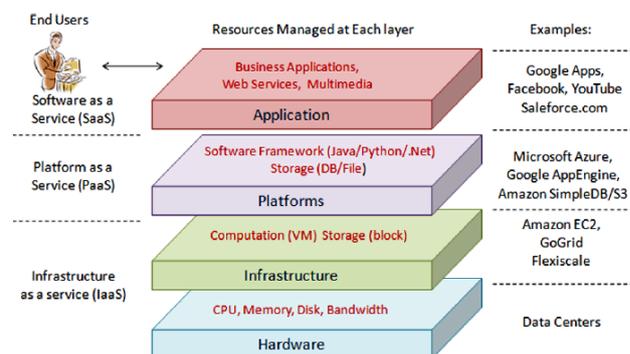
Menurut L. Youseff et al. [1] dan J. Wu et al [3] *cloud computing* adalah salah satu teknologi kontemporer dan dapat dianggap sebagai paradigma baru sebuah *platform* komputasi yang dapat memberikan akses mudah ke para penggunanya dengan sistem komputasi berkinerja tinggi dan dapat dikonfigurasi secara khusus.

Pada studi lainnya, Ian Foster dkk. [4] menambahkan definisi lain dan menyatakan bahwa *cloud computing* adalah paradigma yang muncul sebagai sistem komputasi terdistribusi dengan skala besar (*large-scale distributed computing*) yang didorong oleh faktor skala ekonomi yang merupakan sebuah media yang terbentuk dari abstraksi dan virtualisasi, dinamis, terukur, dikelola dengan daya komputasi yang handal, memiliki media penyimpanan, memiliki *platform*, dan jasa layanannya disampaikan berdasarkan permintaan pelanggan eksternal melalui Internet. Ian Foster dkk. [4] memberikan beberapa poin dari definisi ini, dimana *cloud computing* adalah sebuah paradigma komputasi terdistribusi secara khusus, berbeda dari yang tradisional, berukuran besar-besaran dan dapat dirumuskan sebagai suatu entitas abstrak yang memberikan berbagai tingkat layanan kepada pelanggan di luar sistem *cloud*, serta didorong oleh skala ekonomi, dan layanannya dapat dikonfigurasi secara dinamis dan disampaikan berdasarkan suatu permintaan.

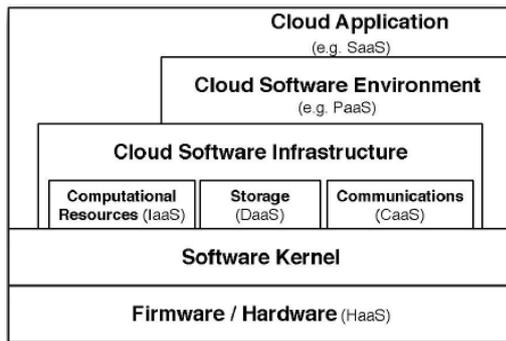
Hasil yang diperoleh dari beberapa definisi di atas menggambarkan bahwa *cloud computing* merupakan hasil dari kombinasi beberapa teknologi sebelumnya seperti sistem terdistribusi, komputasi *grid* dan virtualisasi ditambah dengan beberapa konsep baru untuk meningkatkan kinerja dan layanan yang diberikan kepada pengguna dengan cara penyampaian sistem komputasi yang berbeda.

B. Arsitektur dan Model Layanan Cloud Computing

Arsitektur *cloud computing* dapat dibedakan kedalam 4 (empat) lapisan, yaitu: lapisan perangkat keras



Gambar 1. Arsitektur *cloud computing* [2]



Gambar 2. Ontologi cloud computing [1]

(hardware), infrastruktur, platform, dan aplikasi [2], sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, lapisan paling bawah adalah lapisan perangkat keras. Lapisan ini bertanggung jawab dalam pengelolaan sumber daya fisik dari cloud. Lapisan ini terdiri dari perangkat fisik seperti server, router, switch, power, dan sistem pendingin. Secara fisik, lapisan ini sering dikelompokkan sebagai pusat data (data center). Lapisan selanjutnya adalah lapisan infrastruktur. Lapisan infrastruktur dikenal dengan lapisan virtualisasi dan bertanggung jawab untuk membentuk media yang terdiri dari media penyimpanan (storage) dan sumber daya komputasi yang terpartisi dari sumber daya fisiknya.

Lapisan berikutnya adalah lapisan platform. Lapisan ini terdiri dari sistem operasi dan kerangka aplikasi. Lapisan ini bertanggung jawab untuk meminimalisasi beban penyebaran aplikasi secara langsung ke dalam wadah mesin virtual. Tingkatan tertinggi dari hirarki arsitektur cloud computing adalah lapisan aplikasi. Lapisan ini terdiri dari aplikasi aktual dari cloud dimana jenis layanannya secara langsung dapat dikirimkan atau digunakan oleh pengguna akhir. Secara umum jenis delivery service yang disampaikan melalui lapisan ini disebut sebagai Software as a Service (SaaS). Bila dibandingkan dengan lingkungan layanan tradisional, seperti dedicated server farms atau server clusters, arsitektur cloud computing lebih modular. Setiap lapisan memiliki sistem loosely-coupled antara lapisan di atas dengan yang di bawah [2].

Pada literatur lainnya, L. Youseff dkk. [1] mengusulkan arsitektur cloud computing memiliki ontologi sistem cloud yang terdiri dari lima lapisan, yaitu: perangkat keras (hardware/firmware), kernel perangkat lunak (software kernel), infrastruktur perangkat lunak (cloud software infrastructure), lingkungan perangkat lunak (cloud software environment) dan aplikasi (cloud application), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, lapisan tertinggi dari sebuah arsitektur sistem cloud computing adalah cloud application layer. Lapisan ini menjadi lapisan yang nampak dan dapat diakses langsung oleh dan dari sisi pengguna akhir. Berdasarkan literatur yang diusulkan oleh L. Youseff dkk. [1] dan Qi Zhang dkk. [2], secara tidak langsung memiliki kesepakatan bahwa jenis delivery service dapat disampaikan melalui lapisan ini disebut sebagai Software as a Service (SaaS). Lapisan kedua adalah cloud software

environment layer. Jenis delivery service yang disediakan oleh lapisan ini umumnya direferensikan sebagai Platform as a Service (PaaS). Lapisan ketiga adalah cloud software infrastructure layer. Lapisan ini disertakan untuk mendukung penyediaan sumber daya yang fundamental ke tingkatan lapisan yang lebih tinggi. Lapisan ini pada gilirannya dapat digunakan untuk membangun baru lapisan cloud software environment ataupun lapisan cloud application. Lapisan ketiga ini dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) tingkatan sistem arsitektur dengan 3 (tiga) jenis delivery service, yaitu: Computational Resources untuk jenis delivery service yang menyajikan Infrastructure as a Service (IaaS), Storage untuk jenis delivery service yang menyajikan Data-Storage as a Service (DaaS), dan Communication untuk jenis delivery service yang menyajikan Communication as a Service (CaaS).

Lapisan berikutnya adalah software kernel. Lapisan ini dibuat untuk mendukung pengoperasian dasar manajemen perangkat lunak untuk server secara fisik yang membentuk sistem cloud. Pada lapisan software kernel ini dapat diimplementasikan sistem operasi (operating system), hypervisor, virtual machines (VMs) monitor dan clustering middleware. Sementara itu, lapisan paling bawah adalah hardware/firmware layer. Secara aktual, lapisan ini adalah lapisan fisik yang terdiri dari perangkat keras seperti server, router, switch dan firewall serta perangkat jaringan lainnya yang membentuk suatu backbone untuk sistem cloud computing. Normalnya, pengguna dari lapisan ini adalah perusahaan-perusahaan besar dengan kebutuhan TIK yang luas, dimana mereka menjadi subleasing yang memanfaatkan jenis delivery service yang menyajikan Hardware as a Service (HaaS).

Bila dibandingkan arsitektur cloud computing yang diusulkan oleh L. Youseff dkk. [1] dan Qi Zhang dkk. [2] hal ini terlihat hampir sama. Perbedaannya akan ditemukan pada bagian lapisan ketiga, dimana L. Youseff dkk. [1] membagi arsitektur lapisan cloud infrastructure software menjadi 3 (tiga) bagian yang dinamakan Computational Resources, Data Storage, and Communication, sehingga masing-masing bagian dapat menyajikan tiga jenis delivery services. Klasifikasi cloud computing delivery service secara detail akan didiskusikan pada bagian ke-4. Pada bagian ini akan membahas secara kontras perbedaan jenis-jenis dari cloud computing delivery service.

IV. KLASIFIKASI CLOUD COMPUTING DELIVERY SERVICE

Cloud computing delivery service adalah produk layanan, solusi dan model bisnis untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang dimanfaatkan melalui jalur internet. Artikel ini akan mengklasifikasikan jenis layanan cloud computing delivery service dan proses pengiriman dari penyedia sampai ke pengguna akhir. Pembahasan yang akan didiskusikan pada bagian ini akan mengacu kepada beberapa literatur sebagai referensi yang akan digunakan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih

baik dari jasa *cloud computing delivery service*.

Menurut Qi Zhang dkk. [2] dan NIST [5], dalam prakteknya *cloud computing* menawarkan jenis *delivery service* yang dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kategori, yaitu: *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS), dan *Infrastructure as a Service* (IaaS). Namun, pada literatur lain ditemukan bahwa Jiye Wu dkk. [3] mengusulkan 1 (satu) jenis *delivery service* lainnya yang dikenal dengan *Storage as a Service* (StaaS). Tujuan *delivery service* jenis ini adalah untuk memfasilitasi aplikasi *cloud* dimasa mendatang yang akan mencapai batasan yang dimiliki oleh *server-server* saat ini.

Pada literatur lainnya, L. Youseff dkk. [1] mengusulkan bahwa *cloud computing delivery service* dapat dikelompokkan menjadi 6 (enam) jenis atau kategori, yaitu *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS), *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Data-Storage as a Service* (DaaS), *Communication as a Service* (CaaS) dan *Hardware as a Service* (HaaS).

Berikut adalah ulasan tentang perbedaan tingkatan arsitektur dan jenis *delivery service* yang eksis saat ini secara satu persatu disertai contoh industri yang menyediakan layanan *cloud computing delivery service* termasuk jenis-jenis aplikasi yang disediakan oleh industri-industri tersebut

A. *Software as a Service* (SaaS)

Software as a Service (SaaS) merupakan lapisan teratas dari arsitektur *cloud computing*, dimana jenis service ini berupa sejumlah aplikasi-aplikasi yang ditawarkan ke pihak para penggunanya. SaaS adalah aplikasi lapisan atas yang disampaikan berbasis pada permintaan (*on-demand*) layanan aplikasi untuk mengirimkan perangkat lunak secara khusus ke tujuannya. SaaS dapat diakses dari jarak jauh (*remote*) oleh pengguna melalui internet berdasarkan model harga. Kemampuan dari layanan ini akan dikirimkan kepada penggunanya dengan menggunakan aplikasi penyedia yang berjalan pada infrastruktur *cloud*. Aplikasi dapat diakses dari berbagai perangkat klien melalui sistem antarmuka, seperti *web browser* (misalnya: email berbasis *web*).

Para pengguna tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur *cloud* secara langsung, termasuk jaringan, *server*, sistem operasi, media penyimpanan, atau bahkan kemampuan aplikasi individu, dengan kemungkinan pengecualian dari rangkaian terbatas dari pengguna dengan konfigurasi aplikasi tertentu [5]. Model ini dapat memberikan beberapa manfaat yang sangat menguntungkan baik bagi pengguna maupun penyedia jasa *cloud computing* [1].

Contoh industri yang menawarkan layanan SaaS adalah *Google Apps* [6]. Contoh layanan Google yang termasuk kategori ini adalah *Google gmail*. Layanan ini menawarkan pengguna untuk melakukan *hosting* email mereka di *server* Google. Layanan ini juga dilengkapi dengan *Google docs*. Aplikasi ini merupakan sebuah perangkat lunak berbasis *web* untuk membuat dokumen.

Selain itu, layanan ini dilengkapi juga dengan *Google Calender* sebagai penjadwal waktu berbasis *browser*. *Picasa* sebagai perangkat gratis untuk mengedit gambar. *Google Groups* yang memungkinkan penggunanya menjadi tuan rumah (*host*) untuk sebuah forum diskusi. Contoh industri lain yang menawarkan layanan SaaS secara gratis untuk memanjakan pengguna perangkat kerasnya adalah *Apple iCloud* [7]. Dengan menggunakan *iCloud* dari Apple memungkinkan penggunanya mengakses musik, foto, dokumen, dan e-mail dari perangkat apa pun yang dimilikinya secara mudah. Layanan aplikasi ini sangat mudah untuk dibuat dan digunakan. Layanan ini dibatasi oleh Apple hanya untuk yang menggunakan perangkat keras (*gadget*) yang diproduksi olehnya sendiri. *iCloud* juga merupakan layanan gratis untuk mem-back-up perangkat lunak Apple iOS. Dengan *iCloud*, pengguna dapat melakukan *back-up* data. Selain itu, dengan menggunakan *iCloud*, pengguna juga dapat dengan mudah menemukan perangkat keras (*gadget*) miliknya bila tidak diketahui posisinya atau hilang.

Saat ini, layanan SaaS sebagai salah satu jenis *cloud computing delivery service* telah banyak dikembangkan baik oleh industri berskala menengah maupun industri berskala besar. Perusahaan-perusahaan tersebut terus berusaha untuk menginovasikan model bisnis ini secara intensif untuk mendapatkan keuntungan dari paradigma baru dari sistem komputasi dengan jenis layanan SaaS ini dari pengguna akhir mereka masing-masing.

B. *Platform as a Service* (PaaS)

Platform as a Service (PaaS) adalah *middleware service* atau layanan perangkat lunak perantara yang memfasilitasi berjalannya program aplikasi-aplikasi lainnya di lingkungan *cloud*. PaaS menyediakan layanan aplikasi lapisan arsitektur *cloud* untuk membangun, menguji dan menyebarkan aplikasi yang sedang pada tahapan pengembangan. Kemampuan dari jenis *delivery service* ini yaitu untuk mendukung pengguna dalam menyebarkan aplikasi yang sedang dikerjakan dengan menggunakan bahasa pemrograman dan alat-alat tertentu yang didukung oleh penyedia jasa ke pengguna lainnya melalui fasilitas *cloud*. Para pengguna tidak mengelola atau mengendalikan infrastruktur secara fisik, termasuk jaringan, *server*, sistem operasi, ataupun media penyimpanan, namun mereka memiliki hak pengendalian secara penuh terhadap aplikasi yang sedang digunakan dan memungkinkan dilakukannya *hosting* konfigurasi aplikasi di lingkungannya [5].

Penyedia jasa pada tingkatan ini menyediakan fasilitas untuk para pengembang untuk membangun aplikasi menggunakan bahasa pemrograman yang disediakan di lingkungan ini dengan seperangkat *Application Programming Interface's* (API's) tertentu. PaaS akan memfasilitasi interaksi antar aplikasi *cloud*, serta untuk mempercepat proses penyebaran dan mendukung skalabilitas yang diperlukan dari aplikasi *cloud* sendiri [1].

Contoh industri yang menawarkan layanan PaaS adalah *Google AppEngine* [8]. *Google's AppEngine*

adalah sebuah *platform* untuk para pengembang program aplikasi yang di-*hosting* pada *Google's cloud*. Saat ini, *Google App Engine* dapat digunakan dengan mudah untuk membangun, memelihara, dan meningkatkan (skala), sebagai lalu lintas dan menyimpan data sesuai dengan kebutuhan dan mudah untuk dilakukan perubahan. Pengguna hanya perlu meng-unggah aplikasi yang sedang dibangun dan dapat melakukan konstruksi sebagaimana yang diinginkannya. Dengan memanfaatkan *Google App Engine*, pengguna tidak perlu mengetahui dimana lokasi fisik *server* dan tidak perlu melakukan pemeliharaan untuk *server* tersebut. Pada awalnya, dukungan yang disediakan oleh jenis *platform* ini adalah pemrograman dengan bahasa Python. Namun, saat ini *Google* telah menyediakan *platform* bahasa pemrograman Java, PHP dan Go Compiler. *Google* secara terperinci melakukan dokumentasi untuk seluruh *platform* yang digunakan oleh para pengembang aplikasi yang menggunakan seluruh bahasa pemrograman yang disediakan olehnya serta memberikan layanan pengiriman ini sampai kepada pengguna akhir mereka.

C. Infrastructure as a Service (IaaS)

Infrastructure as a Service (IaaS) merupakan domain dari perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan perangkat-perangkat jaringan lainnya. IaaS secara umum dikenal sebagai tingkatan lapisan terbawah dari *cloud delivery service*. Kemampuan dari jenis *delivery service* ini diberikan kepada pengguna untuk meningkatkan kapasitas dalam hal pengelolaan sistem komputasi, seperti *server* dan unit-unit pengolahan lainnya, peningkatan media penyimpanan, peningkatan trafik jaringan, dan sumber daya lain yang mendasari sistem komputasi dimana penggunaannya dapat menyebarkan dan menjalankan perangkat lunak secara bebas, yang dapat mencakup sistem operasi dan aplikasi. Secara mendasar, para pengguna tidak mengetahui lokasi fisik perangkat yang mereka kelola, pengelolaan dan pengendalian sepenuhnya melalui infrastruktur *cloud* yang disediakan oleh penyedia jasa layanan ini. Akan tetapi, pengguna diberikan pengendalian penuh terhadap sistem komputasi, sistem operasi, media penyimpanan dan aplikasi yang mereka gunakan. Namun demikian, pengguna dibatasi pengontrolannya yaitu hanya pada komponen jaringan yang dipilih [5].

Menurut Qi Zhang dkk. [2], IaaS mengacu pada ketentuan berbasis pada permintaan (*on-demand*) terhadap infrastruktur sumberdaya secara virtual, dengan istilah sistem komputasi *Virtual machines* (VMs). IaaS berada pada lapisan ketiga dan keempat dari arsitektur *cloud computing* sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Contoh industri yang menawarkan layanan IaaS adalah *Amazon Elastic Compute Cloud* (*Amazon EC2*) [9]. *Amazon EC2* adalah jenis *cloud delivery service* IaaS menggunakan layanan *web* yang menyediakan kapasitas komputasi dapat diatur berdasarkan kebutuhan (*resizable*). Hal ini dirancang untuk membuat sistem komputasi menjadi terukur dan lebih mudah digunakan oleh para developer perangkat sebagai penggunaannya. *Amazon EC2* memungkinkan penggunaannya

untuk mendapatkan dan mengkonfigurasi kapasitas dengan optimum. Pemanfaatan *Amazon EC2* dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan sistem komputasi, misalnya waktu yang diperlukan untuk *set-up*, konfigurasi, dan booting *server*. *Amazon EC2* memungkinkan pengguna untuk secara cepat meningkatkan kapasitas, baik ke atas maupun ke bawah sesuai dengan kebutuhan sistem komputasi yang diperlukan.

D. Data-Storage as a Service (DaaS)/Storage as a Service (StaaS)

Secara mendasar, IaaS merupakan jenis *cloud delivery service* dengan domain yang sangat luas dan kompleks dimana didalamnya tercakup perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan perangkat-perangkat jaringan lainnya. L. Youseff dkk. [1] beranggapan bahwa model bisnis *delivery service* IaaS dapat dikembangkan menjadi beberapa model bisnis baru yang lebih sederhana. Anggapan ini dapat dibenarkan dengan asumsi bahwa tidak semua pengguna akan menggunakan seluruh sumber daya infrastruktur *cloud* secara bersamaan. Model bisnis *delivery service* harus disesuaikan dengan perkembangan tingkatan arsitektur *cloud* itu sendiri. Penambahan empat jenis *delivery service* yang diusulkan L. Youseff dkk. [1], didalam ontologinya memungkinkan para pengguna untuk memilih infrastruktur mana saja yang akan digunakan sesuai kebutuhan mereka, dimana DaaS dapat menjadi salah satu pilihan sebagai model bisnis yang akan dipilih oleh pengguna sebagai salah satu jenis layanan dan sumber daya yang terletak pada *cloud software infrastructure layer*. DaaS adalah salah satu layanan *cloud delivery service* dengan model bisnis penyediaan fasilitas sistem penyimpanan data. DaaS diharapkan dapat memenuhi beberapa persyaratan yang ketat untuk menjaga data dan informasi pengguna, termasuk faktor ketersediaan sumber daya harus tinggi, handal dan berkinerja tinggi serta harus mendukung replikasi dan konsistensi data. DaaS telah mewarisi karakteristik yang berbeda dari sekedar sebuah media penyimpanan data biasa [1].

Pada literatur lainnya, Jiyi Wu dkk. [3] mengemukakan bahwa jenis *delivery service* ini juga dapat dikategorikan sebagai StaaS. Layanan StaaS memungkinkan pengguna untuk menyimpan data mereka di suatu media secara *remote* dan dapat mengaksesnya kapan saja dan dari mana saja. Mereka menetapkan ada StaaS harus memenuhi lima manfaat utama, yaitu: mudah dalam pengelolaan, pembiayaan yang efektif dan efisien, rendah terhadap dampak upgrade perangkat keras, kesiapsiagaan bencana, dan perencanaan dapat disederhanakan.

Contoh industri komersial yang menyediakan layanan ini adalah *EMC Storage Managed Service* (SMS) [10]. *EMC SMS* menawarkan kepada para penggunaannya fungsi manajemen secara komprehensif terhadap sumberdaya media penyimpanan dan *back-up* dengan aman, kualitas layanan yang efektif dan efisien. Pengguna dapat mengatur dan mereduksi total biaya operasional, dapat memprediksi kapasitas media penyimpanan yang mereka miliki dan dapat meningkatkan pemanfaatan *platform* media penyimpanan berbasis *web*. Contoh industri

komersial yang menyediakan layanan DaaS/SaaS adalah *Google Cloud Datastore* [11]. *Google Cloud Datastore* menyediakan layanan penyimpanan “*schemaless*” yang memungkinkan penggunaannya untuk menjadi tangkas dengan menghilangkan kebutuhan untuk berpikir tentang struktur yang mendasari data.

E. *Communication as a Service (CaaS)*

Communication as a Service (CaaS) adalah jenis *delivery services* yang diusulkan oleh L. Youseff dkk. [1] menjadi bagian dari *Communication* yang terletak pada lapisan *cloud software infrastructure* pada ontologinya. Konsep CaaS dimunculkan untuk mendukung sejumlah kebutuhan seperti sistem keamanan jaringan, penyediaan infrastruktur komunikasi yang dinamis dari lapisan virtual untuk mengisolasi lalu lintas jaringan atau *bandwidth dedicated*, jaminan delay terhadap penyampaian pesan, enkripsi komunikasi dan pemantauan jaringan. Model layanan ini adalah yang paling sering dibahas dan diadopsi dalam sistem *cloud* komersial. Sistem telepon VoIP, audio dan video conferencing serta instant messaging adalah calon aplikasi *cloud* dengan jenis layanan CaaS [1]. Contoh industri komersial yang menyediakan layanan ini adalah *Microsoft Connected Service Framework (CSF) 3.0* [12]. Industri komersial lainnya yang menawarkan layanan CaaS adalah *Level(3)* [13]. *Level(3)* CaaS memberikan *Session Initiated Protocol (SIP)* berbasis kolaborasi audio dan konferensi via *web* melalui *Virtual Private Network (VPN)* menggunakan model *host*. Level 3 menyediakan fasilitas MPLS IP VPN dan layanan SIP *trunking* untuk memberikan layanan audio video kepada penggunaannya. Selain *Microsoft* dan *Level(3)*, IBM juga menyediakan layanan CaaS. *IBM Converged Communications Services for unified Communications as a service (UCaaS)* menyediakan solusi yang dapat membantu penggunaannya mengatasi komunikasi dan kolaborasi antara karyawan dan mitra dengan tidak efisien, sehingga meningkatkan dapat produktivitas dan hubungan antara pengguna dengan para pelanggannya [14].

F. *Hardware as a Service (HaaS)*

Hardware as a Service (HaaS) merupakan jenis *delivery service* pada lapisan paling bawah dari arsitektur *cloud* yang diusulkan oleh L. Youseff dkk. [1]. Secara prinsip, layanan ini adalah penyediaan fasilitas perangkat keras secara fisik yang membentuk *backbone* dari sistem *cloud computing*. Margin keuntungan bagi penyedia jasa HaaS terwujud dari ekonomi untuk skala pembangunan infrastruktur pusat data yang besar dengan ruang raksasa, konsumsi listrik yang besar, biaya pendinginan serta operasi dan manajemen keahlian. Dalam hal ini, pengguna layanan ini biasanya perusahaan besar dengan persyaratan IT besar membutuhkan *subleasing*. Model ini menguntungkan bagi pengguna perusahaan, karena mereka tidak perlu berinvestasi dalam membangun dan mengelola pusat data [1]. Contoh industri yang menawarkan layanan

HaaS adalah Amazon EC2 [9] dan IngramMicro [15].

Bila dibandingkan apa yang telah dikemukakan oleh L. Youseff dkk. [1] dengan Qi Zhang dkk. [2] dan NIST [5], jenis *delivery service* CaaS dan HaaS merupakan bagian dari hasil perkembangan tingkatan IaaS didalam kerangka besar arsitektur sistem *cloud computing delivery service*.

V. PENGELOMPOKAN DELIVERY SERVICE BERDASARKAN PERKEMBANGAN TINGKATAN ARSITEKTUR

Cloud computing delivery service dapat dikelompokkan menjadi dua bagian utama. Bagian pertama merupakan *cloud delivery service* yang berdasarkan pada arsitektur dasar, dimana tingkatan pelayanan hanya dibagi kepada 3 (tiga) layanan, yaitu: SaaS, PaaS dan SaaS. Bagian kedua merupakan hasil perkembangan tingkatan arsitektur *cloud computing*, dimana tingkatan *cloud delivery service* dapat dibagi menjadi 6 (enam) layanan, yaitu: SaaS, PaaS, IaaS, DaaS, CaaS dan HaaS. Detail pengelompokan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Secara mendasar, peran penyedia jasa *cloud computing delivery service* dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu: penyedia jasa infrastruktur dan penyedia jasa layanan. Penyedia jasa infrastruktur dan layanan memiliki perannya masing-masing dalam memberikan layanan mereka. Kedua kategori penyedia jasa ini saling terintegrasi satu sama lain dalam melayani layanan *cloud* kepada pengguna akhir. Di sisi lain, tingkatan pengguna jasa *cloud computing* dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu: penyedia jasa layanan (*service provider*) sebagai pengguna dan pengguna akhir (*end users*). Mekanisme *cloud delivery service* dimulai dari penyedia jasa infrastruktur memberikan jasa layanannya ke pihak penyedia jasa layanan (*service provider*) dilanjutkan dengan pemberian jasa layanan dari pihak penyedia jasa layanan kepada pihak pengguna akhir mereka. Sedangkan metode penyampaian *cloud delivery service* tergantung kepada model harga (*pricing model*).

Semua jenis jasa *cloud computing delivery service* diantarkan ke pengguna akhir mereka tanpa pengetahuan pengguna akhir tentang lokasi fisik infrastrukturnya berada dan bagaimana konfigurasi dari sistem yang memberikan layanan kepada mereka. *Cloud computing* menjadi sebuah solusi dimana pelayanan yang sangat baik untuk meningkatkan kehandalan sistem, mengurangi biaya komputasi, dan membuat peluang yang cukup besar bagi industri TIK untuk mendapatkan keuntungan lebih. *Delivery service* dikembangkan dan disediakan oleh penyedia jasa infrastruktur dan penyedia jasa layanan dengan model bisnis berdasarkan penentuan model harga dan sampai saat ini tidak ada satupun standard internasional yang mengatur tentang hal tersebut.

Cloud computing mengantarkan dan memberikan layanannya kepada para pengguna melalui jaringan internet dan menjanjikan kinerja dan kehandalan yang tinggi bagi pengguna. Namun saat ini, yang perlu digarisbawahi dan harus menjadi perhatian semua pihak adalah isu keterbatasan jaringan. Oleh karena itu, penyedia

Tabel 1. Pengelompokan *delivery service* berdasarkan tingkatan arsitektur *cloud computing*

Basic Architecture of Cloud Computing				Development Architecture of Cloud Computing			
Services Level	Resources Level	Users Level	Example of Provider	Services Level	Resources Level	Users Level	Example of Provider
SaaS	Application layer	End users	Google apps, Salesforce CRM, IBM LotusLive	SaaS	Application layer	End users	Google apps, Salesforce CRM, IBM LotusLive
PaaS	Platform layer	Service providers	Google AppEngines, Microsoft Azure, Sales Force Apex	PaaS	Platform layer	Service providers	Google AppEngines, Microsoft Azure, Sales Force Apex
IaaS	Infrastructure layer	Service providers	Amazon EC2, GoGrid, Flexiscale, IBM SmartCloud	IaaS	Software Infrastructure layer	Service providers	Amazon EC2, IBM SmartCloud
				StaaS/DaaS		Service providers	Amazon S3, EMC
				CaaS		Service providers	Microsoft CSF
				Provide Upper Layer Services	Software Kernel	Service providers	Hardware Platform, e.g. IBM Power Systems
	Hardware layer	Service providers	Hardware Platform, e.g. IBM Power Systems	HaaS	Firmware/Hardware layer		

jasa infrastruktur dan penyedia jasa layanan harus memperhatikan kapasitas dan kehandalan jaringan lokal, terutama dari sisi pengguna. Hal ini harus diperhatikan dengan baik agar sistem layanan *cloud computing* tercapai tujuannya untuk memberikan kinerja yang tinggi dan dapat diperoleh dengan mudah melalui jaringan internet. Dalam hal ini, peningkatan kehandalan jaringan WAN harus menjadi prioritas dari para penyedia jasa *cloud*, agar layanan yang mereka sediakan dapat diterima dari berbagai belahan dunia.

VI. KESIMPULAN

Penyedia jasa *cloud computing delivery service* dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu: penyedia jasa infrastruktur dan penyedia jasa layanan. Keduanya memiliki perannya masing-masing dalam mengantarkan berbagai jenis layanannya. Meskipun memiliki peran yang berbeda, kedua jenis penyedia jasa ini saling terintegrasi antara satu dengan lainnya baik dalam melayani maupun dilayani melalui fasilitas jaringan global atau internet. Disisi lain, tingkatan pengguna jasa *cloud computing* dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu: penyedia jasa layanan yang berperan sebagai pengguna atau pihak yang dilayani oleh penyedia jasa infrastruktur dan pengguna akhir sebagai pihak yang dilayani oleh penyedia jasa layanan.

Berdasarkan perkembangannya, arsitektur *cloud computing* dapat dibagi menjadi 5 (lima) lapisan sumber daya dan 6 (enam) jenis *delivery service*. Pengembangan dimasa mendatang terlihat masih sangat memungkinkan. Hal tersebut semuanya tergantung pada model bisnis yang

akan dikembangkan dan disediakan untuk penggunanya masing-masing.

Pemahaman yang baik tentang perbedaan klasifikasi *cloud computing delivery service* merupakan hal yang sangat berharga sebagai pengetahuan dasar dalam memahami sistem *cloud computing* bagi seluruh pengguna. Hal ini sangat diperlukan mengingat model bisnis mana yang dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan, sehingga pada saat salah satu layanan *cloud computing* ini dipilih dapat dipergunakan dengan aman dan nyaman oleh pengguna.

Tren di masa mendatang dari *cloud computing* adalah bagaimana cara mendesain dan mengembangkan model bisnis sebagai bentuk *cloud delivery service* dapat menjadi lebih efektif dan efisien mengingat kesempatan dan tantangan dari munculnya sistem komputasi ini menjadi salah satu jenis bisnis TIK yang sangat menjanjikan. Model-model bisnis dimasa mendatang dari sistem komputasi ini masih sangat terbuka untuk dikembangkan.

Salah satu tantangan yang harus dihadapi adalah kehandalan jaringan lokal para pengguna untuk dapat menerima layanan *cloud computing* dari jaringan global mengingat jaringan lokal di sisi pengguna yang sangat beragam dan sangat tergantung dari operator internet di masing-masing sisi penerima layanan.

VII. REKOMENDASI

Setelah me-review dan mendiskusikan *the state-of-art* dari berbagai literatur penelitian [1,2,3,4] dan ketetapan yang dibuat oleh NIST [5] tentang definisi, arsitektur dan jasa layanan, serta memperhatikan tren dimasa mendatang

dari sistem *cloud computing*, artikel ini mengajukan beberapa rekomendasi yang mungkin dapat bermanfaat, yaitu:

1. Mengingat *cloud computing* masih dalam tahapan pengembangan yang sangat dinamis, maka direkomendasikan agar ada suatu standar internasional yang mengatur pelaksanaan *cloud computing*, terutama untuk *cloud delivery service*, agar pengembangannya tidak semata-mata tergantung pada penyedia jasa. Hal ini akan sangat bermanfaat bagi pengguna untuk memastikan kenyamanan dan tidak ragu-ragu dalam mengadopsi layanan yang diberikan oleh penyedia jasa.
2. Penyedia jasa infrastruktur dan layanan harus memastikan bahwa proses penyediaan layanan yang diberikan kepada pengguna akhir harus memenuhi kepatutan dan kepatuhan terhadap hukum dan peraturan yang mengatur dalam hal pemeliharaan yang baik terhadap data-data para pengguna.
3. Penyedia jasa infrastruktur dan layanan harus memastikan bahwa data pengguna aman dan memiliki cadangan (*back-up*) jika kegagalan sistem sewaktu agar pengguna tidak dirugikan bila terjadi hal tersebut.
4. Meskipun *cloud computing* menjanjikan kinerja dan kehandalan yang tinggi, untuk memastikan kepuasan pengguna, para penyedia jasa layanan harus mempertimbangkan keterbatasan jaringan lokal di sisi pengguna dalam hal permintaan pertukaran data dengan trafik yang tinggi diantara mereka melalui jaringan global (internet).
5. Sebelum mengadopsi sistem layanan yang dijanjikan oleh penyedia jasa layanan *cloud*, pengguna harus memahami keragaman jenis layanan, korelasi dan ketergantungan antar layanan *cloud computing*, sehingga dapat memilih penyedia jasa *cloud* sesuai dengan kebutuhan. Pengguna juga direkomendasikan memiliki pengelola atau administrator yang terampil dalam hal pengelolaan perangkat TIK, baik keterampilan penguasaan perangkat keras maupun perangkat lunak.

REFERENSI

- [1] L. Youseff, M. Butrico, & D. D. Silva. "Toward a unified ontology of cloud computing", in *Proceedings of IEEE Grid Computing Environment Workshop*, Nov. 2008, pp. 1-10.
- [2] Q. Zhang, L. Cheng, & R. Boutaba. "Cloud computing: state-of-the-art and research challenges", *Journal of Internet Services and Applications*, Springer, London, vol.1, pp.7-18, Jan. 2010.
- [3] J. Wu, L. Ping, X. Ge, Y. Wang, & J. Fu. "Cloud storage as the infrastructure of cloud computing", in *Proceedings of International Conference on Intelligent Computing and Cognitive Informatics*, Jun. 2010, pp. 380-383.
- [4] I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, & S. Lu. "Cloud computing and grid computing 360-degree compared", in *Proceedings of IEEE Grid Computing Environment Workshop*, 12-16 Nov. 2008, pp. 1-10.
- [5] P. Mell & T. Grance. "The NIST definition of cloud computing", *National Institute of Standards and Technology*, U.S. Department of Commerce, Gaithersburg, USA, Sept. 2011.
- [6] Google cloud computing services. [Online]. Available: <http://thecloudtutorial.com/googlecloud.html>.
- [7] iCloud [Online]. Available: <http://help.apple.com/iCloud/#/mmfc0efea4>
- [8] Google App Engine [Online]. Available: <https://developers.google.com/appengine/docs/whatisgoogleappengine>
- [9] Amazon EC2 [Online]. Available: <http://aws.amazon.com/ec2/>
- [10] EMC Managed Storage Service. [Online]. Available: <http://indonesia.emc.com/storage/index.htm#Featured-Products>
- [11] Google Cloud Datastore [Online]. Available: <https://cloud.google.com/products/cloud-datastore/>
- [12] J. Hofstader. (2007, Nov.). Communications as a Service. Microsoft Corp. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb896003.aspx>.
- [13] Level 3: Communications as a Service (CaaS) [Online]. Available: <http://www.level3.com/en/products-and-services/cloud-and-it/caas/>
- [14] IBM IT Services: Converged Communications Services for unified Communications as a service [Online]. Available: <http://www-935.ibm.com/services/us/en/it-services/strategy-and-assessment-services-for-unified-Communications-as-a-service.html>
- [15] Ingram Bets On Hardware-as-a-Service [Online]. Available: <http://channelnomics.com/2013/04/10/ingram-places-bets-hardware-as-a-service/>