

CLOUD MANUFACTURING: TINJAUAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN LAYANANNYA UNTUK PERENCANAAN FASILITAS PRODUKSI

Agus Sutanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email: sutanto@ft.unand.ac.id

Abstract

Cloud Manufacturing is an advanced manufacturing model which provides services by utilizing a shared resource pool such as computers, servers, networking, Internet and application softwares. The term Cloud Manufacturing in the engineering literature is still fairly new. It comes from the term Cloud Computing which is earlier known as Internet services on demand. Here includes Software as a Service (SaaS) along with infrastructure, platform and other deliveries as a service. First introduced by F. Tao in 2011, Cloud Manufacturing combines the latest technologies such as cloud computing, internet of thing, manufacturing object virtualizations and service-oriented computing services. The advanced manufacturing service models related to this terminology will be described as literature reviews in this paper. At the end of this paper was given a case study of the application of the Cloud Manufacturing for designing a web-based production facilities layout as a cloud software as a service for the users.

Keywords: *Cloud Manufacturing, layout, production facilities, web-based*

Abstrak

Cloud Manufacturing dapat dikatakan sebagai sebuah model manufaktur yang berorientasikan pada penyediaan jasa dengan memanfaatkan sebuah *resource pool* yang dipakai secara bersama seperti komputer, server, jejaringan, internet dan perangkat lunak aplikasi. Istilah *Cloud Manufacturing* berasal dari istilah *Cloud Computing* yang lebih dahulu terkenal, sebagai suatu layanan perangkat lunak bagi pengguna (Software as a Service/ SaaS) dan perangkat keras yang memungkinkan penyediaan layanan tersebut. Istilah *Cloud Manufacturing* dalam berbagai literatur keteknikan terbilang masih baru. Pertama dicetuskan oleh F. Tao di tahun 2011, cloud manufacturing mengkombinasikan berbagai teknologi terkini seperti cloud computing, internet of thing, virtualisasi obyek manufaktur dan teknologi komputasi berorientasi pada pelayanan jasa. Perjalanan model manufaktur ini hingga literatur terakhir yang terkait akan dijelaskan pada tulisan ini. Pada bagian akhir dari tulisan ini diberikan sebuah gambaran studi kasus penerapan *Cloud Manufacturing* pada layanan untuk perencanaan fasilitas produksi berbasis Web, terutama untuk rancangan tataletak produksi, sebagai suatu layanan cloud perangkat lunak bagi pengguna.

Kata kunci: *Cloud Manufacturing, tataletak, fasilitas produksi, berbasis Web*

1. PENDAHULUAN

Akibat proses globalisasi yang berjalan pada era dewasa ini membawa implikasi langsung kepada kegiatan manufaktur modern yang bercirikan suatu kegiatan yang terdistribusi secara geografis (tidak pada suatu tempat saja). Perusahaan-perusahaan yang masih memainkan peran rantai produksinya secara utuh sendiri tanpa kolaborasi dengan perusahaan lain yang berbeda secara geografis tentu akan

tertinggal atau minimal berkurang dari segi penciptaan nilai tambah yang lebih komprehensif. Usaha kecil dan menengah (UKM) serta mitra kerjanya dengan gejala globalisasi ini akan membentuk suatu rantai informasi yang panjang dan terdesentralisasi. Menyiapkan serta menginvestasikan sistem IT sendiri untuk kegiatan manufaktur seperti infrastruktur, platform, server, *storage* dan perangkat aplikasi sendiri tentulah berarti belanja modal yang cukup besar dan signifikan bagi suatu

perusahaan. Selain itu, perusahaan juga biasanya tidak cukup sumber daya dan keahlian untuk mengoperasikan dan merawat sistem yang kompleks tersebut untuk mencapai tujuan-tujuan dari manajemen secara berkelanjutan (*sustainable*). Suatu perkembangan teknologi yang baru yang merupakan suatu model layanan berorientasikan jaringan internet merupakan suatu solusi yang diberikan oleh peneliti di bidang ini. Perkembangan teknologi terbaru yang oleh peneliti didefinisikan sebagai cloud (awan), seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**, dapat memberikan layanan ketika dibutuhkan (*on demand*), sesuai dengan skala kebutuhan (*scaleable*), dapat disampaikan kepada bermacam perangkat (*deliver to any devices*), tidak tergantung waktu dan tempat (*at any place and anywhere*) sehingga dapat menjawab permasalahan yang disebutkan sebelumnya.



Gambar 1. Ilustrasi layanan berorientasikan jaringan internet atau "Cloud" [1]

Beberapa model layanan berorientasikan jaringan internet atau juga didefinisikan sebagai *cloud* (awan) seperti yang disebut pada paragraf sebelumnya telah banyak dikembangkan oleh para peneliti pada beberapa tahun terakhir. Beberapa istilah layanan ini disebut dengan *Cloud Computing* [2], [3], [4], [5], *Cloud Management* [6] [7], *Cloud Consulting* [8], *Cloud Manufacturing* atau *Cloud-based Design and Manufacturing* [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16] atau secara umum disebut *Cloud "X"*. Teknologi *Cloud* ini dikembangkan karena perubahan paradigma dari aktifitas manufaktur yang berorientasikan *resource* (sumber daya) ke *service* (layanan) yang diberikan melalui jaringan internet untuk tujuan mengefisienkan sumber daya (*resource*) yang ada dan pada gilirannya dapat menurunkan ongkos per unit.

Pada tulisan ini secara khusus memberi ulasan dan tinjauan atas beberapa literatur

yang terkait dengan topik *Cloud Manufacturing* serta keterkaitannya dengan *Cloud Computing*. Secara khusus dijelaskan beberapa konsep dan arsitektur penerapan *Cloud Manufacturing* dari beberapa peneliti tentang topik ini. *Software as a Service* (SaaS) yang merupakan konsekuensi dari aplikasi cloud di bidang manufakturing merupakan bahasan berikutnya.

Pada bagian akhir dari tulisan ini memberikan studi kasus penerapan konsep *Cloud Manufacturing* terhadap perencanaan sistem kerja terutama berkaitan dengan disain tata letak fasilitas produksi dan perancangan stasiun kerja serta layanan checklist ergonomi terhadap disain dan kerja manual. Salah satu kelebihan dari SaaS untuk bidang manufaktur ini adalah aplikasi sudah memakai obyek-obyek virtual 3D yang dapat diakses dengan internet.

2. CLOUD MANUFACTURING

Pada bagian ini dibahas tentang tinjauan literatur tentang *cloud manufacturing* termasuk sejarah perkembangannya, mulai dari konsep komputasi di awan (*cloud computing*) hingga konsep pelayanan dengan memanfaatkan internet secara umum atau disebut *cloud service*.

2.1 Komputasi Awan

Walaupun definisi secara tepat belum ada, tetapi pada umumnya konsep *cloud* (awan) mengacu kepada obyek 'internet atau jaringan yang luas' [17]. Pendapat lain mendefinisikan komputasi awan atau istilah asalnya *cloud computing* adalah *outsourcing* sumber daya (*resources*) komputasi. Umumnya, pengguna komputasi awan sesuai dengan teknologinya membayar per pemakaian atau berlangganan ataupun bersifat gratis yang secara *real time* melalui internet [18]. Selain itu istilah komputasi awan mengacu pada penggunaan server internet untuk menyediakan aplikasi, penyimpanan data, dan pemrosesan ke perangkat komputasi yang lebih kecil berbasis web [19]. Jadi *cloud computing* adalah suatu sistim layanan internet yang memiliki jaringan luas dan menyediakan aplikasi, penyimpanan dan pemrosesan data ke pengguna (*user*) secara gratis atau membayar per pemakaian atau berbasiskan langganan secara *real time* melalui internet.

Konsep komputasi awan ditinjau dari sudut pandang perusahaan adalah penggunaan layanan tanpa memperhatikan pemeliharaan dan manajemen perangkat

keras atau perangkat lunak. Dari sudut pandang pengguna, komputasi awan menyediakan layanan terdistribusi yang memanfaatkan sumber daya jaringan untuk melakukan pekerjaan yang diinginkan tanpa kekhawatiran tentang kepemilikan dan lisensi, manajemen, dan pemeliharaan sumber daya jaringan [20].

2.2 Pengertian Cloud Manufacturing

Internet bisa disebut juga dengan awan besar. Awan tersebut berisi jaringan banyak komputer yang saling tersambung. Dari situlah berasal istilah '*cloud*'. Jadi semuanya disambungkan ke *cloud* atau awan sehingga membentuk sebuah jaringan yang saling terhubung dan berinteraksi antara satu komputer dengan komputer lain. *Cloud Manufacturing* atau sering juga disingkat dengan *CMfg* adalah sebuah model manufaktur berorientasikan layanan (*service*) dan komputasi yang dikembangkan dari model manufaktur terkini, (sebagai contoh: *Application Service Provider* [21], *Agile Manufacturing* [22], *Networked Manufacturing* [23], serta *Manufacturing Grid* [24]) dan teknologi informasi yang mendukung komputasi awan (*Cloud Computing*), *Internet of Things (IoT)* [25], virtualisasi dan teknologi berorientasi layanan serta teknologi komputasi maju.

Menurut Tao, F *et al* [26], paradigma *Cloud Manufacturing* ini bertujuan untuk melakukan pertukaran dan sirkulasi informasi yang lengkap, dapat dimanfaatkan secara optimal, mampu memberikan penyimpanan yang andal dan berkualitas, murah dan dapat digunakan berdasarkan permintaan (*on-demand*) dari berbagai sumber untuk seluruh siklus hidup produk. Zang, L. *et al* [27] mendefinisikan *Cloud Manufacturing* sebagai suatu paradigma manufaktur baru yang berdasarkan jaringan (*network*). *Cloud Manufacturing* ini menggunakan jaringan internet, teknologi komputasi awan (*cloud computing*), dan aktifitas manufaktur yang memungkinkan teknologi untuk mengubah sumber daya manufaktur ke dalam bentuk layanan (*services*) manufaktur yang dapat dikelola dan dioperasikan dengan cerdas dan terpadu sehingga memungkinkan berbagi secara kolaboratif untuk sumber daya dan kemampuan manufaktur tersebut [27].

2.3 Dari Cloud Computing ke Cloud Manufacturing

Dalam beberapa dekade terakhir ini, cukup banyak teknologi baru yang diusulkan

untuk meningkatkan aktifitas manufaktur, misalnya *Collaborative Manufacturing*, *Virtual Manufacturing*, *Agile Manufacturing* dan lain-lain. Di antara solusi ini, teknologi *Cloud Computing* menyediakan solusi yang menjanjikan dan menawarkan konsep "*design anywhere and manufacture anywhere*" [28]. Menurut Ambrust M. *et al* [4], bisnis *Cloud Computing* pada tahun 2010 telah mencapai sebesar \$ USD 40,7 milyar dan berdampak sebesar \$ USD 948 milyar terhadap teknologi informasi dan komunikasi di pasar global. Meskipun ada beberapa kendala yang diamati, misalnya ketidakpastian dan kerahasiaan, tetapi bisnis ini masih diprediksi akan terus tumbuh dan berkembang di masa depan. Hal ini dikarenakan karena pengguna diuntungkan dengan adanya layanan terpusat dari *cloud computing* yang berimplikasi kepada biaya penggunaan yang rendah, mobilitas dan lebih fleksibel dalam pemakaiannya. Selain itu menurut Wang, X.V. [28], para pengguna juga bisa mengakses aplikasi secara kolaboratif melalui berbagai perangkat yang terhubung ke jaringan. Hal ini akan meningkatkan efektifitas organisasi dalam lingkungan manufaktur sekalipun dipisahkan oleh jarak geografis yang berbeda. Dalam skenario industri, pengguna dan penyedia (*provider*) dari *cloud* tersebut dapat diuntungkan karena *update software* menjadi lebih mudah karena dengan memperbaiki layanan *software* di server, semua pengguna akan mendapatkan layanan terbaru tanpa biaya tambahan.

Menurut US National Institute of Standard and Technology's (NIST) [29], karakteristik utama dari layanan awan (*cloud service*) adalah layanan *on-demand* (selalu ada ketika ia dibutuhkan), jaringan akses berada dimanapun, penggabungan sumber daya yang bebas, elastisitas layanan yang cepat dan layanan yang terukur. Layanan *cloud* ini secara prinsip dapat membebaskan organisasi dari beban akan pengembangan dan pemeliharaan sistem teknologi dan informasi (IT). Oleh karena itu, organisasi dapat lebih fokus pada proses bisnis utamanya sambil mengimplementasikan aplikasi pendukung untuk memberikan daya saing yang lebih kompetitif.

Saat ini, perusahaan manufaktur di tengah konsisi pasar yang sangat kompetitif akan sulit bertahan tanpa adanya dukungan kemampuan komputer dan teknologi informasi. Teknologi *cloud* saat ini sudah dapat meningkatkan lingkungan desain produk, manajemen proses manufaktur, perencanaan sumber daya perusahaan, dan

manajemen sumber daya manufaktur dengan menyediakan solusi menyeluruh yang optimal. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, *design anywhere dan manufacture anywhere* (DAMA) lebih luas dapat digambarkan sebagai alat untuk menyelesaikan disain dan proses-proses manufaktur melalui awan (internet), dimana pengguna dan mitra bisnis bebas terhubung dengan internet dengan jaringan terpusat.

Oleh karena itu sangat beralasan membawa konsep *Cloud Computing* ke dalam aktifitas manufaktur atau lebih dikenal dengan istilah *Cloud Manufacturing* dengan beberapa keuntungan seperti:

a. Dapat mengurangi kapasitas sumber daya manufaktur yang tidak terpakai dan meningkatkan pemanfaatannya. Misalnya untuk pemanfaatan sumber daya IT sebelum menggunakan *Cloud Manufacturing* diperkirakan 15% - 20%, tetapi setelah menggunakan meningkat menjadi $\pm 40%$ [9]

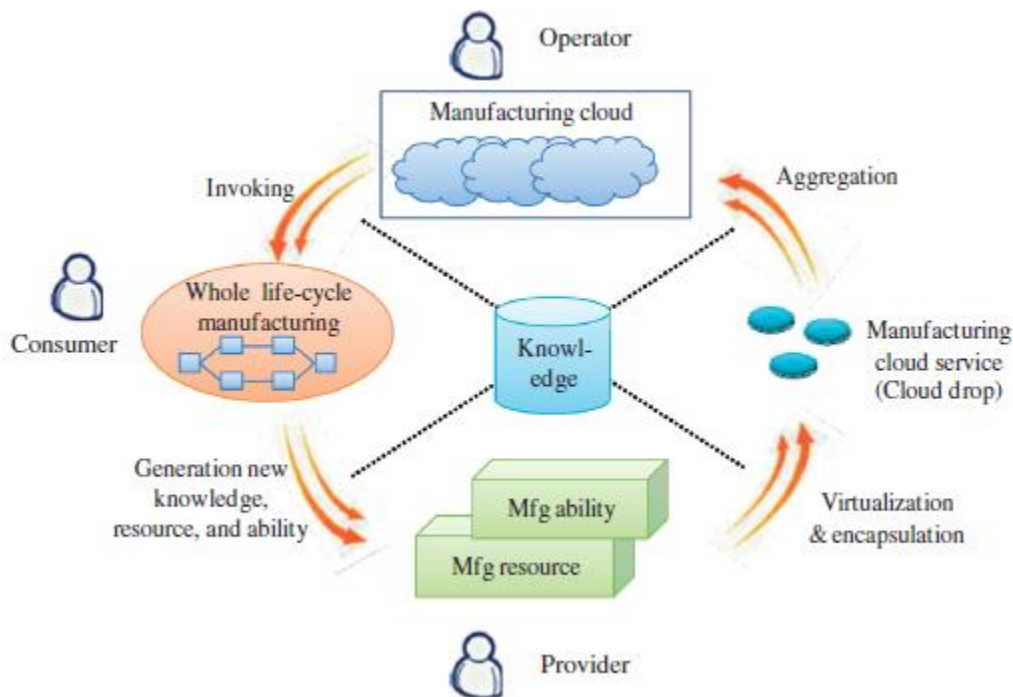
b. Dapat mengurangi investasi awal yang mahal atas biaya lisensi perangkat lunak manufaktur, karena pada konsep *Cloud Manufacturing* yang dibeli adalah layanan per pemakaian [10].

c. Dapat mengurangi infrastruktur dan biaya administrasi, hemat energi, dan mengurangi *upgrade software* serta biaya pemeliharaan yang rendah yang dapat berdampak pada keuntungan sebuah perusahaan [11].

2.4 Beberapa Konsep Cloud Manufacturing (CMfg)

2.4.1. CMfg Menurut Tao, F. et al

Menurut Tao, F. et al [10], konsep *Cloud Manufacturing* terdiri dari berbagai sumber daya dan kemampuan manufaktur yang terhubung ke jaringan internet yang lebih luas, dikelola dan dikontrol secara otomatis oleh teknologi *Internet of Thing* (IoT) seperti diperlihatkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Konsep abstrak untuk menjalankan sistem CMfg menurut Tao, F. et al [10]

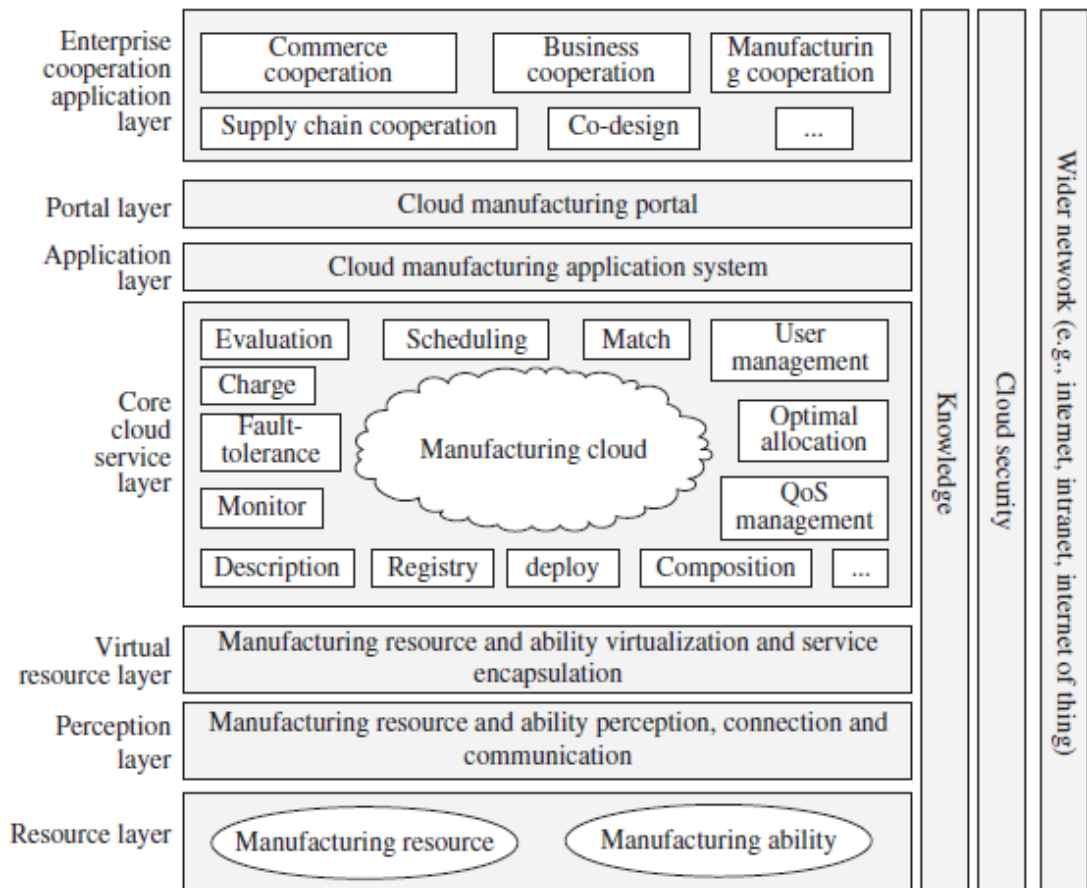
Sumber daya dan kemampuan manufaktur tersebut sebelumnya harus divirtualisasikan dan dikemas (*encapsulation*) oleh penyedia layanan (*provider*) sehingga menjadi suatu bentuk layanan-manufaktur yang dapat diakses atau disebut *Manufacturing Cloud Services* (MCSs).

MCSs dikemas sesuai dengan aturan tertentu dan dialokasikan pada sebuah awan manufaktur (*manufacturing cloud*) oleh operator layanan. Pengguna atau konsumen dapat mencari dan memanggil MCSs dari awan manufaktur sesuai dengan kebutuhannya dan menggabungkannya ke dalam lingkungan manufaktur virtual untuk menyelesaikan permasalahan manufaktur

untuk seluruh siklus hidup produksi. Hasil yang diperoleh pada tahapan ini akan menghasilkan sumber daya dan kemampuan manufaktur yang baru yang memberikan umpan balik pada penyedia layanan (*provider*). Menurut Tao, F. *et al* pihak yang terlibat pada *CMfg* ini adalah penyedia layanan (*provider*), operator (yang mengoperasikan platform *CMfg* untuk memberikan layanan dan fungsi untuk penyedia layanan, konsumen, dan pihak ketiga), dan konsumen (pelanggan platform layanan *CMfg* yang tersedia dalam MCSs)

Arsitektur atau Lapisan dari *Cloud Manufacturing (CMfg)* menurut Tao, F. *et al* terdiri dari 10 lapisan seperti dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pada gambar ini 10 lapisan dari *Cloud Manufacturing (CMfg)* dapat di jelaskan sebagai berikut:

- a. Lapisan Sumber Daya (*Resource Layer*)
Lapisan ini terdiri dari sumber daya manufaktur (*Manufacturing Resource*) dan kemampuan manufaktur (*Manufacturing Ability*) yang terlibat dalam seluruh kehidupan siklus manufaktur. Pada lapisan ini sumber daya manufaktur dan kemampuan manufaktur di-enkapsulasi-kan menjadi sebuah layanan yang dapat dipanggil atau diakses oleh pengguna melalui internet.
- b. Lapisan Presepsi (*Perception Layer*)
Lapisan ini bertanggung jawab untuk menghubungkan sumber daya manufaktur (*Manufacturing Resource*) dan kemampuan manufaktur (*Manufacturing Ability*) agar dapat terhubung ke jaringan yang lebih luas baik dalam pengolahan data dan informasi yang terkait.

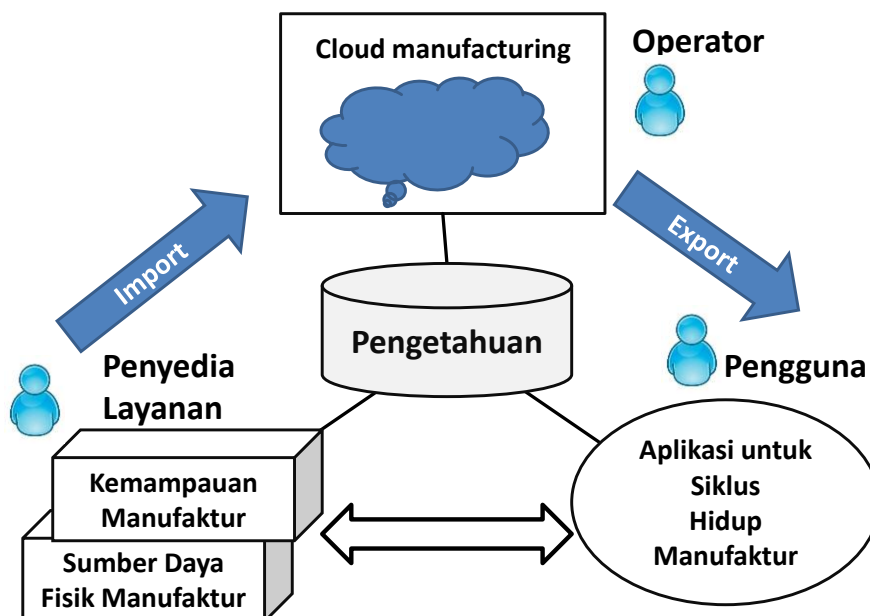


Gambar 3. Lapisan dari *CMfg* menurut Tao, F. *et al* [10]

- c. Lapisan Sumber Daya Virtualisasi (*Virtual Resource Layer*)
Lapisan ini bertanggung jawab untuk memvirtualisasikan dan mengemas

sumber daya manufaktur (*Manufacturing Resource*) dan kemampuan manufaktur (*Manufacturing Ability*) ke dalam layanan *cloud* manufaktur.

- d. Lapisan Layanan *Cloud* (*Cloud Service Layer*)
Lapisan ini menyediakan 2 kategori layanan, yaitu layanan *cloud* manufaktur (*Manufacturing Cloud Service*) dan layanan inti *Cloud* manufaktur (*Cloud Manufacturing Core Service*). Layanan *cloud* manufaktur adalah hasil dari lapisan sumber daya virtualisasi yang dapat dipanggil oleh pengguna akhir (*user*). Layanan inti CMfg adalah layanan utama disediakan oleh *platform* CMfg untuk tiga pengguna kategori yaitu penyedia layanan, operator dan konsumen untuk mengelola, mengakses dan mengaktifkan MCSs, termasuk deskripsi, registrasi, publikasi, *match and search*, penjadwalan, biaya, evaluasi dan lain sebagainya.
- e. Lapisan Aplikasi (*Application Layer*)
Berdasarkan hubungan sistem manufaktur yang ada di suatu perusahaan dengan *Cloud Manufacturing*, lapisan aplikasi ini dikembangkan khusus untuk sistem aplikasi manufaktur berdasarkan tuntutan tertentu (*customized*), seperti untuk menyediakan hubungan kerjasama antar sistem manajemen, menyediakan CMfg yang berbasis ERP, dll.
- f. Lapisan Portal (*Portal Layer*)
Lapisan ini menyediakan berbagai interaksi antara manusia dengan mesin sebagai *interface* pengguna untuk mengakses dan meminta layanan MCSs di *cloud Manufacturing*.
- g. Lapisan Aplikasi Kerjasama antar Perusahaan (*Enterprise Cooperation Application Layer*)
Lapisan ini didukung oleh layanan inti MCSs dan CMfg. Jadi dengan dukungan tersebut berbagai jenis aplikasi kerjasama antar perusahaan dapat direalisasikan, seperti kerjasama perdagangan, kerjasama bisnis, desain kolaboratif dan kerjasama manufaktur.
- h. Lapisan Pengetahuan (*Knowledge Layer*)
Lapisan ini menyediakan berbagai pengetahuan yang dibutuhkan dalam lapisan lain seperti pengetahuan domain manufaktur, pengetahuan proses, pengetahuan model dan lain - lain.
- i. Lapisan Keamanan *Cloud* (*Cloud Security Layer*)
Lapisan ini menyediakan keamanan yang berbeda untuk setiap arsitektur, mekanisme dan strategi untuk sistem CMfg tersebut.
- j. Lapisan Internet yang Lebih Luas (*Wider Internet Layer*)
Lapisan ini menyediakan lingkungan komunikasi dasar untuk semua sumber daya, layanan, pengguna dan operasi dalam sistem CMfg.



Gambar 4. Abstraksi operasi *Cloud Manufacturing* menurut Zang, L. et al [27]

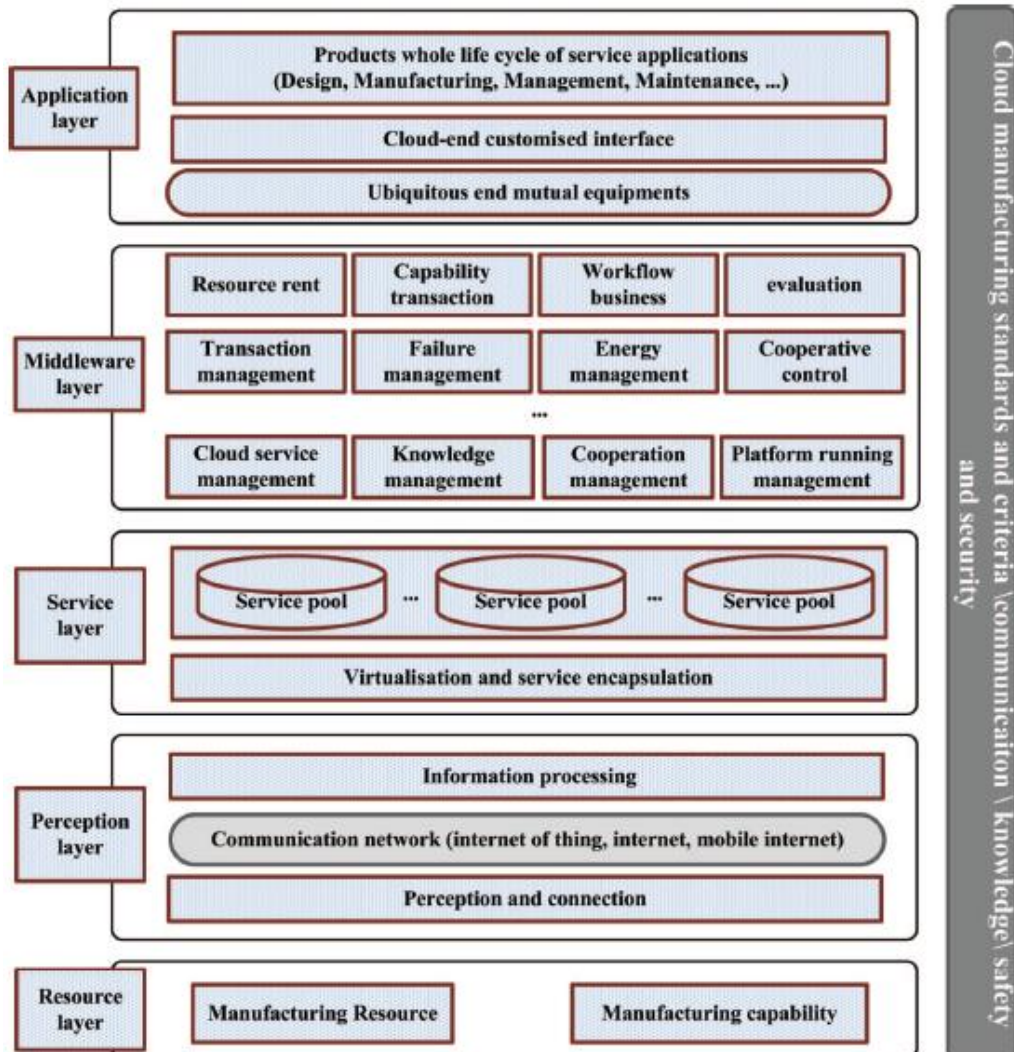
2.4.2 CMfg menurut Zhang, L. et al

Menurut Zang, L. et al [27], abstraksi operasi Cloud Manufacturing sistem yang terlihat pada **Gambar 4** terdiri dari:

- Penyedia layanan (provider) yang menyediakan sumber daya dan kemampuan manufaktur,
- Operator yang mengelola *Cloud Manufacturing* dan,
- Pengguna jasa, dimana ditawarkan seluruh aplikasi manufaktur untuk siklus hidup manufaktur.

Menurut Zang, L. et al, *CMfg* ini didukung oleh kumpulan pengetahuan yang dapat memecahkan masalah manufaktur. Layanan pada *cloud* disediakan oleh penyedia layanan berdasarkan sumber daya dan kemampuan manufaktur tersebut. Layanan manufaktur dikumpulkan dan diintegrasikan membentuk

awan manu-faktur. Operator berfungsi untuk melakukan manajemen dan operasional layanan *cloud* yang efisien dan dapat diberikan bagi seluruh pengguna sesuai dengan permintaan mereka. *Cloud Manufacturing* dapat memberikan berbagai layanan manufaktur untuk keseluruhan siklus hidup manufaktur (disebut juga proses ekspor). Pengguna layanan dapat memakai semua jenis aplikasi yang tersedia dan dapat berinteraksi secara kolaboratif dan multi-agen. Pengetahuan (knowledge) memainkan peran penting dalam mendukung aktivitas *CMfg*. Ia merupakan integrasi di seluruh siklus hidup manufaktur. Pengetahuan tidak hanya mendukung virtualisasi akses dan kemasan layanan dari sumber daya dan kemampuan manufaktur, tetapi juga mendukung realisasi fungsi layanan yang efisien, pencarian cerdas dan lain-lain.



Gambar 5. Lapisan dari *CMfg* menurut Zang, .L et al [27]

Menurut Zhang, L. *et al*, CMfg disusun atas 5 lapisan seperti terlihat pada **Gambar 5** yaitu:

- a. *Resource Layer* adalah lapisan yang terdiri dari lapisan sumber daya fisik dan kemampuan manufaktur. Lapisan sumber daya fisik terdiri dari perangkat keras manufaktur (misalnya peralatan mesin, pusat mesin, peralatan simulasi dan peralatan uji) dan perangkat lunak manufaktur (misalnya komputasi model, data, perangkat lunak dan pengetahuan dalam proses manufaktur). Lapisan kemampuan manufaktur dibentuk dengan sumber daya, orang (atau organisasi) dan pengetahuan, yang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan tugas manufaktur atau percobaan didukung oleh sumber daya manufaktur terkait dan pengetahuan, kemampuan desain, kemampuan simulasi, kemampuan produksi dan kemampuan lainnya yang terkait dengan siklus hidup manufaktur.
- b. Lapisan Persepsi yaitu lapisan yang mampu mendeteksi sumber daya fisik manufaktur dan kemampuannya terhubung ke jaringan yang lebih luas. Lapisan ini dapat mengolah data menjadi sebuah informasi yang terkait dengan menggunakan teknologi seperti *Radio Frequency Identification (RFID)*, *Internet of Things (IoT)* dan lain-lain untuk mewujudkan semua koneksi dari berbagai sumber daya dan kemampuan manufaktur.
- c. Lapisan Layanan (*Service Layer*) merupakan lapisan yang memvirtualisasi dan mengemas sumber daya dan kemampuan manufaktur ke dalam bentuk layanan awan yang saling terhubung dan kemudian membentuk jaringan layanan.
- d. Lapisan *Middle-ware* adalah lapisan yang mengoperasikan dan mengelola layanan *Manufacturing Cloud Services*. Lapisan ini merupakan lapisan aplikasi yang *on demand* untuk siklus hidup manufaktur.
- e. Lapisan Aplikasi (*Application Layer*) adalah lapisan aplikasi CMfg berorientasi pada berbagai bidang manufaktur. Lapisan ini dapat menyediakan aplikasi *interface* yang berbeda – beda dan peralatan interaksi yang terkait. Pengguna yang berbeda dapat mengakses dan menggunakan layanan

awan (*cloud services*) di CMfg sesuai permintaan dan kebutuhan.

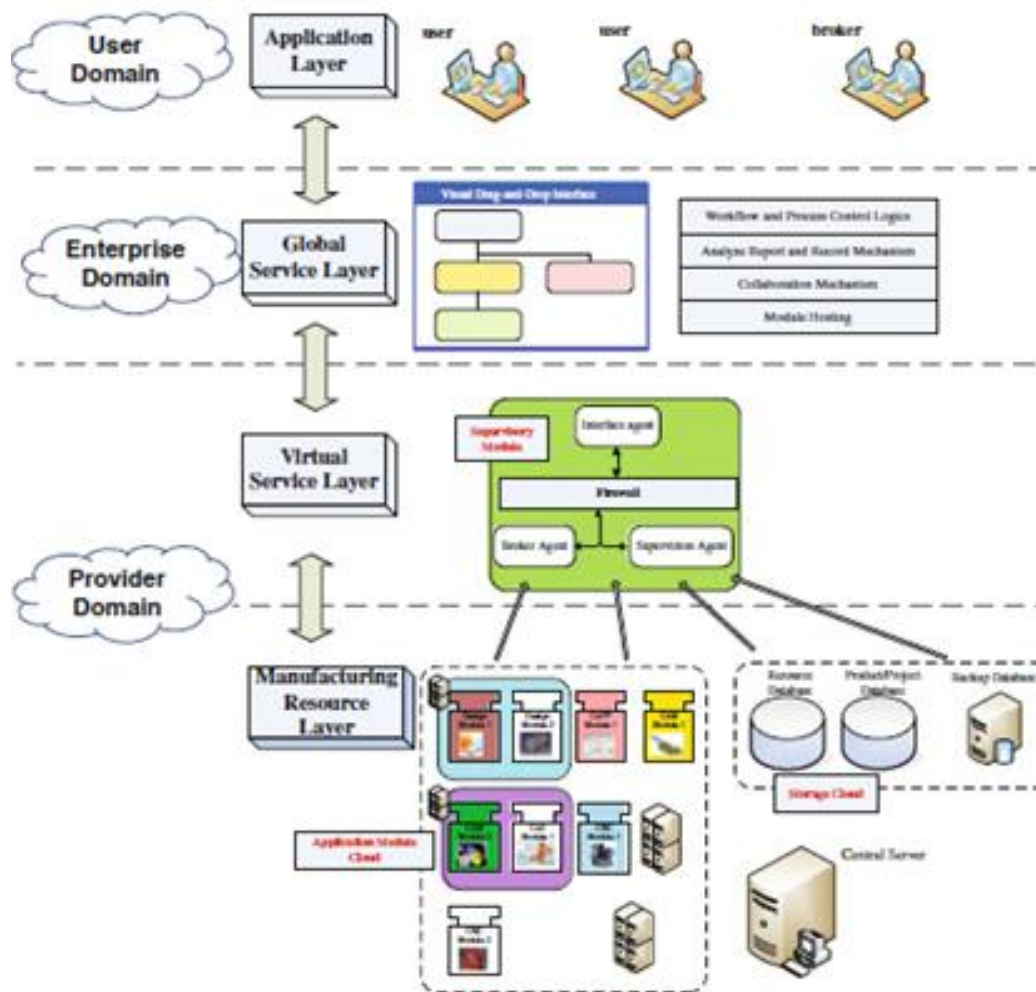
2.4.3. CMfg Menurut Wang X.V. *et al*

Menurut Wang X. V. *et al* [28], arsitektur CMfg disusun dari 3 domain dan 4 lapisan (**Gambar 6**), yaitu:

1. **Domain penyedia** yang terdiri dari:
 - a. Lapisan sumber daya fisik manufaktur, yang mencakup mesin, peralatan, perangkat lainnya yang sudah divirtualisasikan dan dikemas dalam bentuk *database* dan disimpan dalam *Cloud Storage*.
 - b. Lapisan layanan virtual, yang mengkoordinir seluruh prosedur layanan. Lapisan ini terdiri dari agen perantara (*broker agent*), agen pengawasan (*supervision agent*), *firewall module* dan *interface agent* dalam suatu mekanisme kerja.

Agan pengawasan bertindak sebagai admin yang dapat memberikan atau mematikan layanan. Pada saat pengguna memakai *software* tersebut tentu diperlukan juga perlindungan yang memadai. Fungsi agen perlindungan atau modul pelindung antara lain berfungsi untuk perlindungan, *firewall* mengurus kedua keamanan data dan perangkat keras yang dilindungi. Agen *firewall* menjamin keamanan kode data/*software* agar tidak bocor, dan perangkat keras hanya dapat diakses oleh orang-orang dengan identitas disetujui saja. Untuk perlindungan privasi, *firewall* melindungi informasi penting dan catatan operasi penting lainnya. ICMS *firewall* melindungi data rahasia (informasi kartu kredit misalnya, kontrak dan informasi pribadi) dari akses yang tidak sah.

2. **Domain perusahaan** yang merupakan lapisan layanan global, berfungsi sebagai administrator yang memiliki hak lebih dan kewenangan terhadap layanan yang diberikan.
3. **Domain pengguna**, yang merupakan lapisan aplikasi yang memakai Ingtat lunak yang ditawarkan secara *on-demand* (diberikan ketika dibutuhkan)



Gambar 6. Arsitektur CMfg menurut Wang X. V. et al [28]

2.5. Software as a Service (SaaS)

Software as a Service (SaaS) atau disebut juga “perangkat lunak sebagai layanan” adalah sebuah cara baru untuk menyampaikan perangkat lunak dari penyedia lisensi kepada pelanggan dengan cara menyediakan layanan yang dapat digunakan sesuai permintaan pelanggan [30]. SaaS juga didefinisikan sebagai aplikasi dan perangkat lunak yang ditawarkan sebagai layanan yang berjalan di atas internet (*cloud*), sehingga pada komputer klien tidak perlu menginstalasi dan meng-*upgrade* aplikasi dan perangkat lunak tersebut [31]. SaaS adalah sebuah inovasi outsourcing yang mengubah sumber daya Teknologi dan Informasi (IT) ke dalam layanan yang selalu tersedia. Oleh karena itu, pelanggan hanya membayar atau menggunakan perangkat lunak secara *on-demand* dan tidak memerlukan biaya lisensi. Perangkat lunak sebagai layanan

(SaaS) dapat didefinisikan sebagai suatu aplikasi yang dikemas dalam bentuk layanan berbasis web yang dapat digunakan oleh klien tanpa menginstalasi atau memiliki lisensi. Perangkat lunak atau aplikasi tersebut dapat digunakan sesuai permintaan klien serta dapat diakses secara kolaboratif asalkan terhubung dengan internet [32].

SaaS dianggap sebagai solusi yang menguntungkan pada organisasi modern untuk meningkatkan kinerja Teknologi dan Informasi (IT) dan daya saing yang dapat membantu organisasi tersebut mencegah belanja modal dan membayar biaya operasional dan perawatan IT.

Secara efektif, SaaS dengan memanfaatkan Teknologi Informasi yang berkembang pesat dapat menjadi sumber daya saing yang berkelanjutan dari suatu organisasi. Layanan awan (*cloud service*) dapat dianggap sebagai sekumpulan solusi layanan berbasis *cloud computing* yang melibatkan komputasi, penyimpanan data,

dan layanan perangkat lunak yang tersedia melalui internet.

Umumnya, layanan awan dapat dibagi menjadi tiga kategori, seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**, yaitu 1) Perangkat Lunak sebagai Layanan (*Software as a Service*), 2) Platform sebagai Layanan (*Platform as a Service*) dan Infrastruktur sebagai Layanan (*Infrastructure as a Service*). Di antara ketiga ini, SaaS memberikan aplikasi fungsionalitas melalui media internet sebagai layanan.

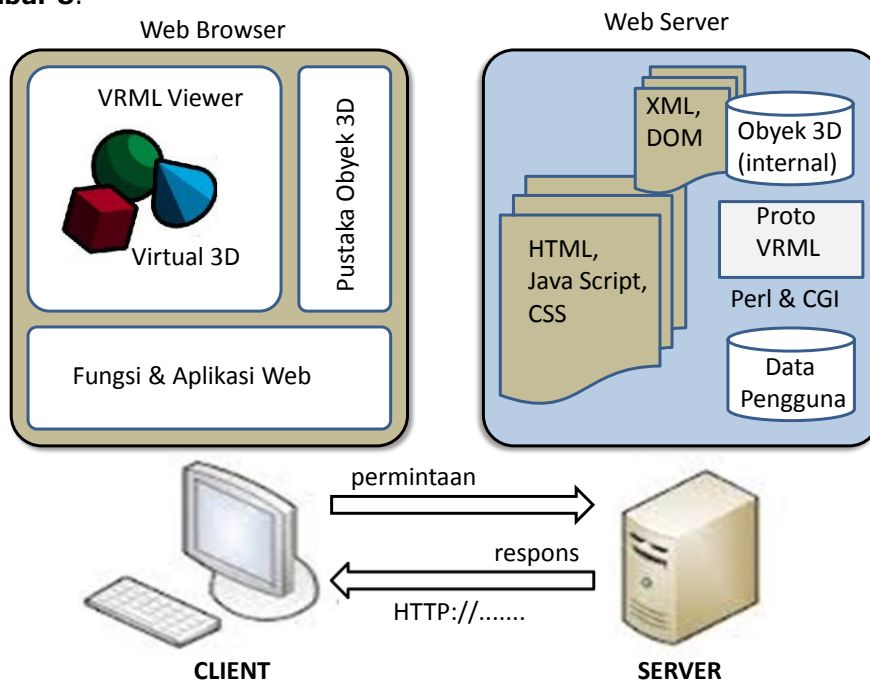


Gambar 7. Tiga kategori layanan awan [33]

3. CLOUD MANUFACTURING UNTUK LAYANAN PERENCANAAN FASILITAS PRODUKSI

3.1. Arsitektur Layanan Internet

Cloud Manufacturing yang dikembangkan ini, layanannya dirancang dengan memakai arsitektur *client-server* seperti diperlihatkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Arsitektur layanan internet untuk *Cloud Manufacturing*

Microsoft Internet Explore (IE 6.0 atau di atasnya) berfungsi sebagai *Browser* pada sisi pengguna/client. *HTML-Browser* ini dipakai untuk menampilkan halaman Web yang telah diintegrasikan dengan suatu sebuah pengeksekusi sekaligus penampil file VRML atau disebut juga VRML Viewer. Ada beberapa *provider* yang melayani VRML Viewer ini antara lain: Cortona3D dari ParallelGraphics [34] dan BS Contact dari Bitmanagement Software GmbH [35]. VRML Viewer berfungsi untuk mengeksekusi VRML 97 (VRML 2.0) *Codes* dan memvisualisasikan obyek-obyek virtual 3D yang berada pada sisi server. Pada sisi server juga dibuat beberapa APIs (Application Programming Interfaces) sebagai *interface* halaman Web dengan obyek-obyek VRML pada lingkungan virtual 3D. File VRML yang disebut dengan VRML-proto ini merupakan inti dari aplikasi ini yang mengatur konfigurasi obyek-obyek 3D yang berkaitan dengan obyek-obyek 3D dari fasilitas produksi. Untuk menunjang fungsi layanan, maka *Cloud Manufacturing* untuk menkonfigurasi tata letak fasilitas produksi ini didukung oleh suatu Pustaka obyek 3D. Sejenis *repository* yang menampung banyak file VRML ini, dibangun dengan bahasa HTML yang diintegrasikan java script dan sebuah file XML (Extendible Markup Language). Informasi detail tentang sekumpulan obyek-obyek fasilitas produksi pada pustaka obyek 3D ini disusun datanya dalam sebuah file resource.xml.

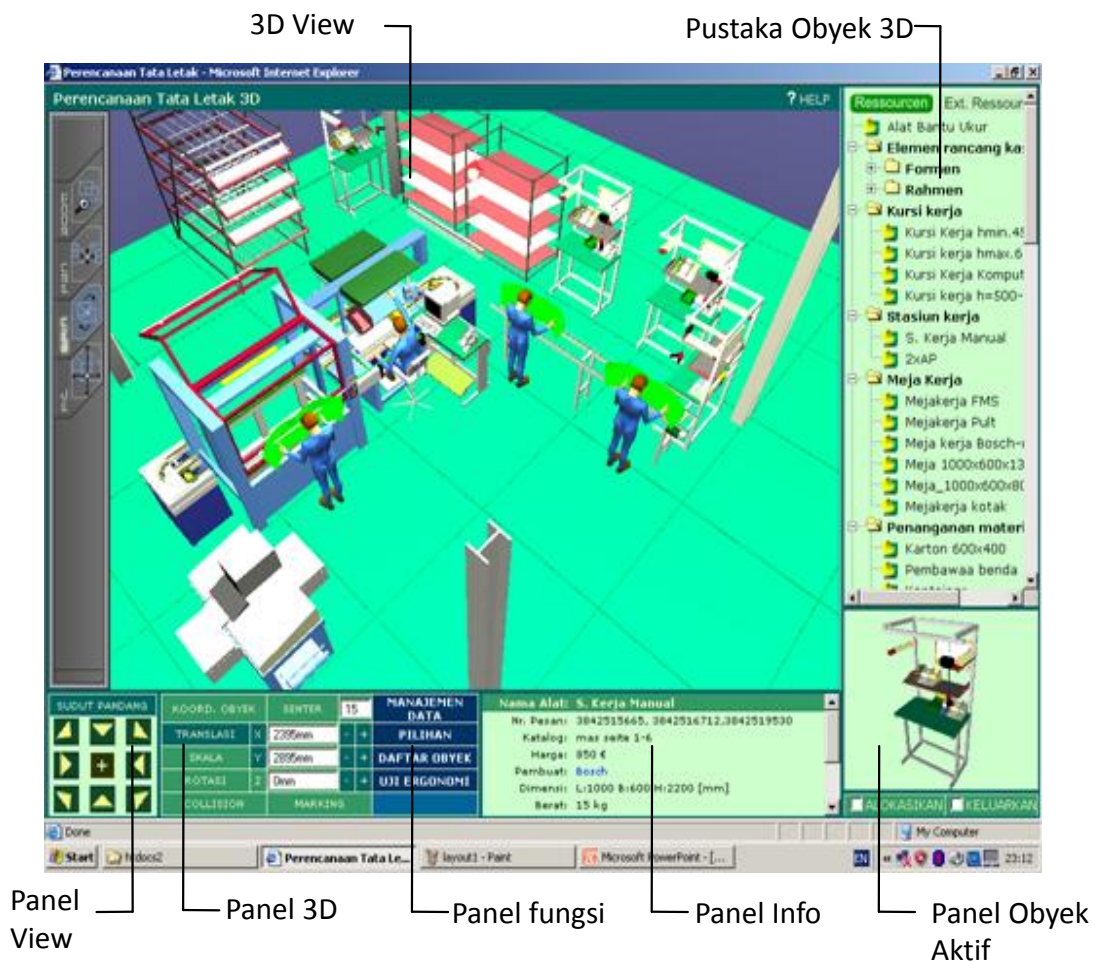
Pada sisi server tersimpan seluruh data-data dalam menjalankan aplikasi ini, yang terdiri dari data untuk suatu lingkungan virtual 3D (virtual 3D environment), obyek-obyek virtual 3D dalam suatu *library* dan *client application script* seperti: HTML, Javascript dan CSS. Dokumen untuk mengelola obyek-obyek fasilitas produksi dibuat dengan XML dan DOM (Document Object Modeling). Selain itu tersedia data-data yang bersifat *server-side application* seperti CGI script dan Perl untuk fungsi manajemen data seperti: *save, open, delete, rename, upload, dan download files*. Perangkat lunak pada server dijalankan dengan mempergunakan Apache Web Server Version 2.0.

Dengan arsitektur *client-server* ini memungkinkan aplikasi yang dirancang dapat diakses oleh sekelompok orang (tim kerja) dengan geografis lokasi kerja yang berbeda. Selain itu kegiatan perencanaan fasilitas produksi tidak terkendala lagi oleh waktu. Suatu anggota tim kerja dapat melakukan proses perencanaan pada tempat dan waktu berbeda, dan hasil

rancangannya dapat dilihat oleh tim lain yang berbeda lokasi dan waktu kerja serta *on demand*.

3.2. Layanan CMfg yang dikembangkan untuk Perencanaan Fasilitas Produksi

Pengembangan layanan *Cloud Manufacturing* untuk perencanaan fasilitas produksi ini sebelumnya sudah dikembangkan berbasis Web3D [36]. Pada perangkat lunak yang sudah dikembangkan seperti ditunjukkan pada **Gambar 9** memiliki beberapa fungsi penting antara lain fasilitas produksi dalam suatu lantai produksi dapat ditransformasi (translasi, rotasi dan skala). Obyek-obyek fasilitas produksi dalam diuji tabrakan (*collision*) "seolah-olah nyata". Selain itu disediakan fungsi untuk mengelola data seperti menyimpan, membuka, unduh (*download*), unggah (*upload*), mengubah nama, ataupun menghapus data. Perangkat lunak dibangun atas beberapa *window dan panel* yang terintegrasi dalam suatu laman web berbasis HTML.



Gambar 9. Layanan CMfg yang dikembangkan untuk perencanaan fasilitas produksi

Beberapa window dan panel pada perangkat lunak @WenPlan tersebut yaitu:

- **3D View:** Window ini merupakan laman yang berbasis lingkungan virtual 3D. Window ini mengintegrasikan laman Web HTML dengan Web3D berbasis VRML (Virtual Reality Modelling Language). Viewer Browser yang dipakai adalah Cortona3D [37]. 3D View ini berfungsi untuk menampilkan konfigurasi obyek-obyek fasilitas produksi seperti: mesin-mesin, stasiun kerja, alat transportasi dan penanganan material dan peralatan-peralatan utilitas yang lain secara 3D dalam suatu tataletak (layout). Fasilitas obyek produksi tersebut, pada window ini, dapat dimanipulasi posisi dan orientasinya dalam bidang dan ruang.
- **Pustaka Obyek 3D:** Window ini berisikan *repository* dari obyek-obyek fasilitas produksi yang diberi nama **Ressource**. Dalam rancangannya Pustaka Obyek 3D ini juga berisikan juga *repository* dari obyek-obyek yang berada di luar server layanan CMfg. Library yang dihubungkan dengan Link URL ini, (mis: <http://yanpala.de/webplan/de/layout.xml>) disebut juga dengan nama **External Ressource**. Pustaka Obyek 3D dibuat dengan menggunakan XML (Extended Modelling Language) [38] yang tersusun dalam suatu diagram pohon yang terdiri dari beberapa elemen dan sub-elemen seperti: nama, no. pesan, katalog, berat, dimensi, assessoris, dll. dan lokasi dari obyek fasilitas produksi dalam bentuk virtual tiga dimensi (format VRML/ *.wrl). *Click* pada salah satu nama obyek, akan memperlihatkan obyek virtualnya pada **Panel Obyek Aktif**.
- **Panel View:** Pada bagian ini memungkinkan pengguna untuk melihat 3D View (fasilitas produksi) dari sudut pandang yang diinginkan.
- **Panel 3D:** adalah panel yang memungkinkan pengguna untuk mentransformasikan (translasi, rotasi dan skala) obyek fasilitas produksi yang aktif. Selain fungsi tersebut, juga tersedia fungsi "*collision*" dan "*marking*" dari sebuah obyek. Selain pada Panel 3D, manipulasi obyek 3D juga dapat dilakukan juga langsung pada 3D View (cari ini lebih banyak disukai). Pada panel ini juga memperlihatkan koordinat ruang (X, Y, Z) dari posisi obyek produksi pada ruang tataletak fasilitas produksi.
- **Panel Fungsi:** Pada panel ini tersedia fungsi-fungsi untuk manajemen data. Fungsi yang dikembangkan ini terdiri dari

fungsi untuk menyimpan data (save) dalam Project (berekstensi xml) dan data dalam *.wrl. Demikian juga dikembangkan dengan bahasa pemrograman Perl dan CGI (Common Gateway Interfaces) untuk fungsi lain seperti membuka data proyek pada server (open), unduh data yang ada pada server (download), unggah data yang berada pada user ke server *CMfg* (upload), mengubah nama (rename) dan menghapus data file project untuk file dengan ekstensi *.xml dan *.wrl. Direncanakan juga akan ditambah fitur-fitur lain untuk layanan perencanaan fasilitas produksi seperti *checklist* untuk analisa ergonomi (penentuan tinggi sistem kerja, analisa posture OWAS, analisa angkat NIOSH, dll.) dan analisa tambahan lainnya sebagai alat bantu dalam perancangan.

4. PROSES BISNIS LAYANAN CLOUD MANUFACTURING

Urutan proses bisnis layanan *Cloud Manufacturing* sebagai *Software as a Service* (SaaS) dijelaskan dengan menggunakan *Business Process Diagram* (BPD) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 10**. Dari tersebut terdapat 3 pihak yang melakukan interaksi bisnis pada layanan *CMfg* ini yaitu:

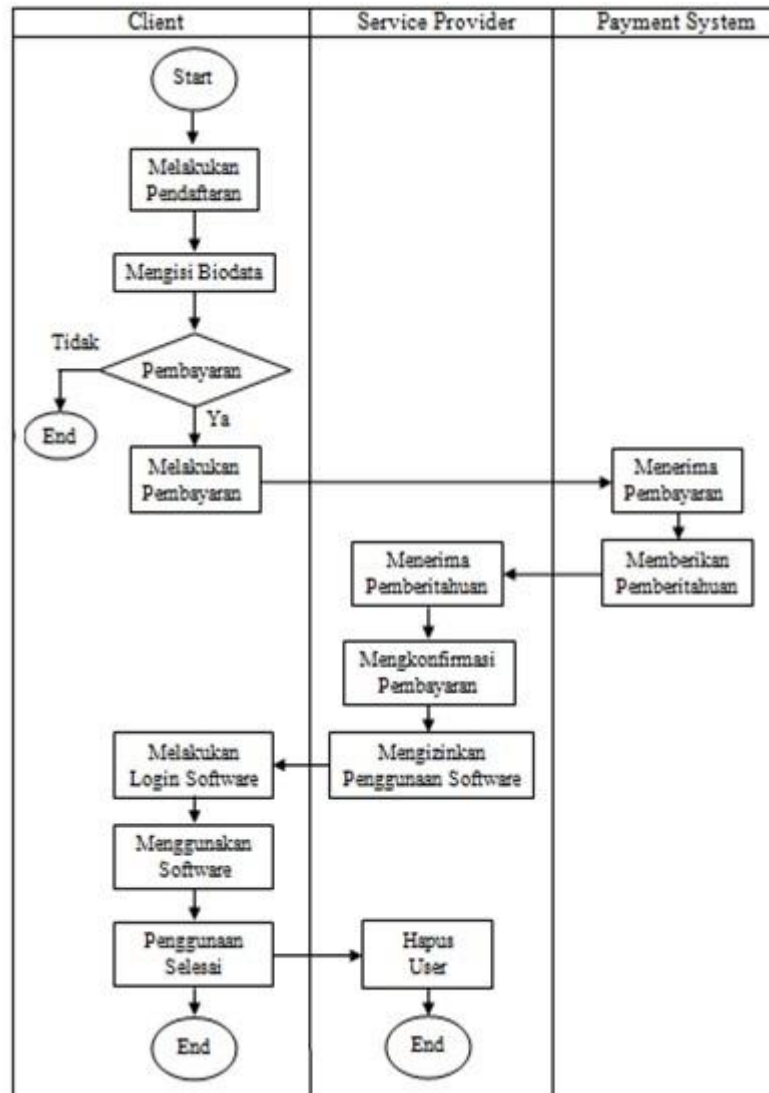
- Pengguna (client),
- Penyedia jasa (service provider),
- Sistem pembayaran (payment system).

Pengguna (user) adalah orang yang akan mengakses layanan *cloud* ini, penyedia jasa (*service provider*) adalah pihak yang berhak mengendalikan layanan pada server tersebut, sedangkan sistem pembayaran (payment system) merupakan pihak ketiga yang berhubungan dengan pembayaran secara *online* (dalam kasus umum, pihak ini diwakili oleh sistem Perbankan).

Langkah proses bisnis pada *Business Process Diagram* (BPD) dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Pengguna (*client*) melakukan pendaftaran. Pada tahap ini *client* diharuskan melakukan pendaftaran dengan cara mengklik SIGN UP pada suatu kotak dialog yang dirancang. Pada kotak dialog ini pengguna mengisi *username* dan *password* untuk dapat melanjutkan proses. Pendaftaran ini hanya berlaku bagi pengguna yang sudah mendaftarkan diri. Jika pengguna tidak terdaftar, maka diwajibkan terlebih dahulu untuk

melakukan pendaftaran dengan mengisi biodata pada server penyedia layanan.



Gambar 10. Proses bisnis layanan CMfg dalam Diagram BPD

- b. Pengguna (client) mengisi biodata
 Dari **Gambar 11** dapat dijelaskan bahwa *client* harus mengisi biodata yang tersedia tersebut. Pada kolom Nama akan dijadikan *Username* dan kolom *Password* tetap dijadikan *Password* ketika akan melakukan *Login* nantinya.
- c. Pengguna melakukan pembayaran
 Setelah melakukan pendaftaran, selanjutnya pengguna dapat meneruskan untuk melakukan pembayaran. Jika pengguna melakukan pembayaran maka ia harus memilih *Ya* formulir *online* yang sudah disediakan, apabila pengguna memilih *Tidak* maka akan keluar kembali ke awal lagi. Apabila memilih *Ya*, maka

pengguna akan diberikan *form* pembayaran seperti pada **Gambar 12**.

The screenshot shows a web form titled "ISI BIODATA" with the following fields and values:

- Nama: Bayu Adhi
- Password: [Redacted]
- Tempat Lahir: Tj. Harapan
- Tanggal Lahir: 26 April 1993
- Jenis Kelamin: Laki-laki Perempuan
- Alamat: Dharmasraya
- Level: User

Buttons for "Simpan" and "reset" are visible at the bottom.

Gambar 11. Pengguna mengisi biodata untuk mendaftar

Pengguna dapat memilih Bank Penerima maka Nama Penerima dan No. Rek. Penerima akan terisi secara langsung. Selanjutnya pengguna diharuskan mengisi Tanggal Transfer, No. Rek. Pengirim, Nama Pengirim, dan Jumlah Transfer. Sedangkan untuk Bank Pengirim pengguna bisa langsung memilih bank yang tersedia. Selanjutnya pilih OK dan layar akan kembali ke tampilan awal.

Kolom	Jenis	Fungsi	Kosong	Nilai
user_id	varchar(50)			Bayu Adhi
password	varchar(50)	MD5		1010911004
level	enum	MONTHNAME		1 2
status	enum	OLD_PASSWORD		aktif
tempat_lahir	varchar(25)	QUOTE		Ti. Harapan
tanggal_lahir	date	REVERSE		1993-04-26
jenis_kelamin	enum	RTRIM		L P
alamat	varchar(50)	SHA1		Dharmasraya
		SOUNDEX		
		SPACE		
		TRIM		
		UNCOMPRESS		
		UNHEX		
		UPPER		
		USER		
		UUID		
		VERSION		

Gambar 12. Form pembayaran yang harus diisi oleh pengguna

- d. Pihak bank menerima pembayaran
- e. Pihak bank memberikan pemberitahuan kepada penyedia layanan (service provider) bahwa calon pengguna sudah melakukan pembayaran.
- f. Tahapan berikutnya adalah penyedia layanan menerima pemberitahuan secara online dari pihak bank dan langsung mengkonfirmasi pembayaran yang telah dilakukan oleh pengguna dalam *database* pembayaran pada server penyedia layanan.
- g. Penyedia layanan mengizinkan penggunaan layanan perangkat lunak. Pada *database* yang dirancang status pengguna (client) menjadi aktif (telah mendaftar dan melakukan pembayaran). Selanjutnya *service provider* akan mengkonfirmasi *password client* agar dapat digunakan untuk *login*. Jika *password client* tidak dikonfirmasi dengan merubah tipe data *varchar* dengan karakter data tertentu (sebagai contoh: MD5) seperti **Gambar 13** maka walaupun *client* memasukkan *password* yang sama dengan biodata sebelumnya,

akan tetapi *client* masih tidak akan dapat untuk *login* memakai *software* tersebut.

Gambar 13. Perubahan tipe data password dengan karakter tertentu (contoh: MD5)

Hal ini dilakukan untuk tujuan sistem keamanan dari tindakan kecurangan yaitu pengguna (*client*) sudah mendaftar dengan mengisi biodata tetapi tidak melakukan pembayaran. Bila hal ini dilakukan maka akan keluar kotak dialog peringatan pada saat mendaftar supaya pengguna harus melakukan proses pembayaran dulu.

- h. *Pengguna* melakukan *Login software*
Setelah dikonfirmasi oleh *service provider* maka selanjutnya *client* melakukan *login* untuk menggunakan *software* dengan mengisi *Username* dan *Password* yang sesuai dengan saat pendaftaran.
- i. *Client* menggunakan *software*
Setelah *Login* berhasil maka *client* akan masuk ke dalam web. Untuk menggunakan *software* tata letak fasilitas produksi, maka *client* memilih menu *Software* dan *Layout Pabrik* untuk tujuan pemakaian perencanaan tata letak fasilitas produksi. Setelah *client* memilih *Layout Pabrik* maka akan muncul tampilan awal *software* tata letak fasilitas produksi dengan kotak dialog untuk mengisi luas bidang lantai produksi itu sendiri seperti **Gambar 14**.

Secara umum model layanan perangkat lunak (*Software as a Service/SaaS*) untuk perencanaan fasilitas produksi ini masih dalam tahap pengembangan. *Browser* yang digunakan untuk saat ini terbatas pada *Internet Explorer* versi 6.0 atau versi di bawahnya. Selain itu diperlukan *Viewer Cortona VRML Client* atau *Cortona3D viewer* untuk menampilkan gambar 3D pada

browser client. Viewer ini dapat diunduh secara gratis pada Link berikut: <http://www.cortona3d.com/cortona3d-viewer->

download. Setelah itu masukkan luas bidang lantai produksi yang mau direncanakan untuk memulai layanan ini.



Gambar 14. Tampilan pembuka model layanan perangkat lunak untuk perencanaan fasilitas produksi (sebagai contoh perancangan tata letak)

Tentang layanan perangkat lunak untuk perencanaan fasilitas produksi serta menu dan fungsi yang dapat dilakukan sudah didiskusikan pada bagian 3.2 Layanan CMfg yang dikembangkan untuk Perencanaan Fasilitas Produksi

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari karya tulis ini adalah sebagai berikut:

- Mengingat topik *Cloud Manufacturing* (CMfg) masih tergolong baru maka telah dilakukan pada karya tulis ini sebuah tinjauan literatur untuk melihat keterkinian (*state of the art*) topik ini. Berdasarkan tinjauan ini diperoleh beberapa konsep dan paradigma *Cloud Manufacturing* (CMfg) yang telah

dilakukan para peneliti di bidang ini seperti CMfg menurut Tao F. et al, Zhang L. et al, dan Wang X. V. et al.

- Menurut **Tao F. et al**, *Cloud Manufacturing* adalah konsep untuk berbagi sumber daya dan kemampuan manufaktur yang dapat diakses oleh pengguna (*user*) dengan 3 kategori pengguna yaitu *provider*, operator dan konsumen. Arsitektur atau lapisan dari *Cloud Manufacturing* (CMfg) Menurut Tao F. et al ^[13] terdiri dari 10 lapisan yaitu *resource layer*, *perception layer*, *virtual resource layer*, *cloud service layer*, *application layer*, *portal layer*, *enterprise cooperation application layer*, *knowledge layer*, *cloud security layer* dan *wider internet layer*. Menurut **Zhang L. et al**, *Cloud Manufacturing* adalah layanan yang memberikan seluruh siklus hidup

produksi yang terdiri dari sumber daya dan kemampuan manufaktur dengan dukungan ilmu pengetahuan yang dapat memecahkan masalah mengenai manufaktur. Komponen penyusun (arsitektur) CMfg menurut Zhang L. et al terdiri dari 5 lapisan yaitu lapisan sumber daya, lapisan persepsi, lapisan layanan, lapisan *middleware*, dan lapisan aplikasi.

Menurut Wang X. V. et al, CMfg adalah suatu layanan penyedia jasa *manufacturing* yang mengemas sumber daya dan kemampuan manufaktur didalam *database* sehingga dapat digunakan dengan konsep *Design Anywhere and Make Anywhere* (DAMA) yang memiliki koordinator prosedur layanan untuk mengetahui kebutuhan pengguna (*user*). Komponen penyusun (arsitektur) *Cloud Manufacturing* (CMfg) menurut Wang X. V. et al terdiri dari 3 lapisan yaitu *provider domain*, *enterprise domain* dan *user domain*.

- c. Telah dikembangkan model layanan *Cloud Manufacturing* dengan konsep *Software as a Service* (SaaS) khususnya untuk *software* perencanaan fasilitas produksi termasuk tataletak 3D. Model layanan ini dapat diakses kapanpun dan dimanapun (*at any time at any place*) dan dapat digunakan secara kolaboratif sehingga lebih efisien saat bekerjasama walaupun berada pada geografis yang berbeda. Model layanan yang dikembangkan ini juga diintegrasikan dengan proses bisnis layanannya dalam bentuk *Business Process Diagram* (BPD). Diagram ini merupakan diagram alir proses yang menghubungkan pengguna (*client*), penyedia layanan (*service provider*) dan sistem pembayaran secara online.
- d. Tahapan pengembangan layanan perangkat lunak (*Software as a service*) ini berbasis Web dan masih menggunakan *Browser Internet Explorer* versi 6.0 kebawah dan *Viewer Cortona 3D* untuk memvisualisasikan obyek 3D di laman Web.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) atas penyediaan sumber-sumber literatur terutama buku teks yang berkaitan dengan topik *Cloud Manufacturing* dalam program "**Fachliteratur fuer Alumni 2013**".

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Kamallakharan, 2014, *The benefit of cloud computing*. <https://www.greencloud.com/the-benefits-of-cloud-computing/> (diakses 10 Oktober 2014).
- [2] P. Mell dan T. Grance, "The NIST definition of cloud computing (draft)". *NIST Spec Publ* 80:145, 2011.
- [3] J. D. Prince, *Introduction to Cloud Computing*. Maryland, USA: University of Maryland, Baltimore, 2011.
- [4] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, M. Zaharia, "A view of cloud computing", *Communications of the ACM* 2010, Vol. 53 No. 4, Pages 50-58.
- [5] D. Catteddu dan G. Hogben, *Cloud computing: Benefits, risks and recommendations for information security*, European Network and Information Security Agency (ENISA), 2009.
- [6] E. I. Nehru, B. Venkatalakshmi, R. Balakrishnan, R. Nithya, "Neural Load Prediction Technique for Power Optimization in Cloud Management System", *Information & Communication Technologies (ICT)*, 2013 IEEE Conference on, pp. 541 – 544.
- [7] I. Konstantinou, E. Angelou, C. Boumpouka, D. Tsoumakos dan N. Koziris, "On the Elasticity of Nosql Databases Over Cloud Management Platforms", in *Proceedings of the 20th ACM international conference on Information and knowledge management 2011*, Glasgow, Scotland, UK, pp. 2385-2388.
- [8] G. Suci, O. Fratu, S. Halunga, C. G. Cernat, V. Poenaru, V. Suci, "Cloud consulting: ERP and communication application integration in open source cloud systems", *Telecommunications Forum (TELFOR)*, 2011 19th, Belgrade, pp. 578-581.
- [9] B. H. Li, L. Zang, "Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model". *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2010.
- [10] F Tao, L. Zhang, V. C. Venkatesh, Y. L. Luo, Y. Cheng, "Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B, Journal of Engineering Manufacture*, (Proc IMechE Part B: J.

- Eng. Manufact.*), 2011, 225 (10), pp. 1969-1976.
- [11] X. Xu, "From Cloud Computing to Cloud Manufacturing", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol. 28, Issue 1, pp. 75-86, 2012.
- [12] D. Wu, J. L. Thames, D. W. Rosen and D. Schaefer, "Towards a Cloud-Based Design and Manufacturing Paradigm: Looking Backward, Looking Forward", *Proceedings of the ASME 2012 International Design Engineering Technical Conference & Computers and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE12)*, Chicago, U.S, Paper Number: DETC2012-70780.
- [13] D. Wu, D. W. Rosen, and D. Schaefer, Cloud-Based Design and Manufacturing: Status and Promise. In: D. Schaefer (Ed): *Cloud-Based Design and Manufacturing: A Service-Oriented Product Development Paradigm for the 21st Century*, London, UK: Springer, pp.1-24, 2014.
- [14] D. Wu, M. J. Greer, D. W. Rosen and D. Schaefer, "Cloud Manufacturing: Strategic Vision and State-of-the-Art", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 32, No. 4, pp. 564-579, 2013.
- [15] X. V. Wang, "Development of an Interoperable Cloud-based Manufacturing System", *PhD thesis*, Mechanical Engineering, University of Auckland, 2012.
- [16] Y. Lu, X. Xu and J. Xu, "Development of a Hybrid Manufacturing Cloud". *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 33 No. 4, pp. 551-566, 2014.
- [17] K. Hartig, 2008, "What is cloud computing? *Cloud Computing Journal*". Diambil dari: <http://cloudcomputing.syscon.com/node/579826> (diakses 10 Oktober 2014).
- [18] E. Knorr, 2008, "What cloud computing really means". *InfoWorld*". Diambil dari: <http://www.infoworld.com/article/2683784/cloud-computing/what-cloud-computing-really-means.html> (diakses 10 Oktober 2014)
- [19] C. Harris, "Go higher with cloud computing", *School Library Journal*, Vol. 55, Issue 1, pp.14, 2009.
- [20] M. E. Scale, "Assessing the Impact of Cloud Computing and Web Collaboration on the Work of Distance Library Services", *Journal of Library Administration*, Vol. 50, Issue 7-8, pp.933-950, 2010.
- [21] Alexander L., Factor, "Analyzing application service providers", Beijing: Publishing house of electronics industry, 2003.
- [22] Y. Y. Yusuf, M. Sarhadi and A. Gunasekaran, "Agile manufacturing: The drivers, concepts, and attributes", *International Journal of Production Economics*, Vol. 62, pp.33, 1999.
- [23] Y. Fan, "Connotation and key technologies of networked manufacturing", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol.9, pp. 576, 2003.
- [24] F. Tao, Y. Hu and L. Zhang, "Theory and Practice: Optimal Resource Service Allocation in Manufacturing Grid", Beijing: China Machine Press, 2010.
- [25] J. Höller, V. Tsiatsis, C. Mulligan, S. Karnouskos, S. Avesand and D. Boyle, "From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence". Elsevier, 2014.
- [26] F. Tao, L. Zhang, V. C. Venkatesh, Y. Luo, and Y. Cheng, "Cloud manufacturing: a computing and service-oriented manufacturing model". *Proc. IMechE Vol. 225 Part B: J. Engineering Manufacture*, pp. 1969-1976, 2011.
- [27] L. Zhang, Y. L. Luo, F. Tao, B. H. Li, Y. K. Liu, X. S. Zhang, H. Guo, Y. Cheng and A. R. Hu, "Cloud Manufacturing: A New Manufacturing Paradigm", *Enterprise Information Systems*, 2012.
- [28] X. V. Wang and X. W. Xu, "ICMS: A Cloud-Based Manufacturing System", Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, University of Auckland, Auckland, New Zealand, 2013.
- [29] E. Brown, 2011, "Final Version of NIST Cloud Computing Definition Published", Diambil dari: <http://www.nist.gov/itl/csd/cloud-102511.cfm> (diakses tanggal 10 Oktober 2014).
- [30] T. Rostami, M. K. Akbari and M. S. Javan, "Benefits, Weaknesses, Opportunities and Risks of SaaS adoption from Iranian organizations perspective", Taali University of Technology Computer Engineering and IT Department, Teheran, Iran, 2014.
- [31] P. Gil, 2014, "What is SaaS (Software as a Service)". Diambil dari: http://netforbeginners.about.com/od/s/f/what_is_SaaS_software_as_a_service.htm (diakses 10 oktober 2014).
- [32] Z. Davis, 2014, "Definition of: SaaS". Diambil dari: *PC Magazine Encyclopedia*. <http://www.pcmag.com/encyclopedia/te>

- rm/56112/saas (diakses 10 oktober 2014).
- [33] N. N. 2014, "Cloud Computing for your your small business". Diambil dari: <http://www.hyphenet.com/blog/cloud-computing-for-your-small-business/> (diakses 10 oktober 2014)
- [34] Cortona3D. <http://www.cortona3d.com/> (diakses tanggal 30 Nov. 2014)
- [35] BS Contact, <http://www.bitmanagement.com/> (diakses tanggal 30 Nov. 2014)
- [36] A. Sutanto, "Suatu Metoda Perancangan Fasilitas Produksi Berbasis Teknologi Web Tiga Dimensi", *Proceeding SNTTM V 21-23 Nov. 2006*, UI, Depok.
- [37] N.N (2014). Cortona3D Viewer- Browser VRML, <http://www.cortona3d.com/cortona3d-viewer-download> (diakses tanggal 30 Nov. 2014)
- [38] A. Sutanto, "Pengembangan Model Pustaka Obyek 3D berbasis XML untuk Perencanaan Tataletak Fasilitas Produksi dengan Media Internet", *Proceeding SNTTM X 2-3 Nov. 2011*, Unibraw, Malang.