



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMODELAN ARSITEKTUR TEKNOLOGI INFORMASI
BERBASIS *CLOUD COMPUTING* UNTUK INSTITUSI
PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA**

KARYA AKHIR

ACHMAD SOLICHIN

0806444751

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI INFORMASI
JAKARTA
JULI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMODELAN ARSITEKTUR TEKNOLOGI INFORMASI
BERBASIS *CLOUD COMPUTING* UNTUK INSTITUSI
PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA**

KARYA AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh
gelar Magister Teknologi Informasi

ACHMAD SOLICHIN

0806444751

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI INFORMASI

JAKARTA

JULI 2010

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Karya Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Achmad Solichin

NPM : 0806444751

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Karya akhir ini diajukan oleh:

Nama : ACHMAD SOLICHIN
NPM : 0806444751
Program Studi : MAGISTER TEKNOLOGI INFORMASI
Judul Karya Akhir : PEMODELAN ARSITEKTUR TEKNOLOGI
INFORMASI BERBASIS CLOUD COMPUTING
UNTUK INSTITUSI PERGURUAN TINGGI DI
INDONESIA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknologi Informasi pada Program Studi Magister Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing :

Penguji :

Penguji :

Ditetapkan di :

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat Rahmat dan Kuasa-Nya, saya dapat menyelesaikan Karya Akhir ini. Penulisan Karya Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknologi Informasi pada Program Studi Magister Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dorongan dan doa dari berbagai pihak, penyusunan karya akhir ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena ini, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya untuk berbagai pihak yang telah membantu saya:

1. Bapak Zainal A. Hasibuan, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan pencerahan yang begitu banyak demi terselesaikannya karya akhir ini.
2. Pihak Universitas Budi Luhur yang telah memberikan kesempatan baik secara finansial maupun waktu kepada saya untuk melanjutkan pendidikan Strata 2 di Universitas Indonesia.
3. Ayah dan ibu (alm), walaupun telah tiada namun doa dan restu ibu selalu menyertai; istriku tersayang Chotimatul Musyarofah yang begitu pengertian dan perhatian; buah hatiku tercinta Muhammad Lintang yang dengan kelucuan dan keluguannya selalu meluluhkan segala penat; serta semua keluarga yang selalu mendukung saya.
4. Sahabat dan teman-teman seperjuangan di MTI Universitas Indonesia, khususnya kelas 2008SA yaitu Adri, Anita, Arie, Arief, Aryanto, Ati, Bambang, Haris, Hariyanto, Laila, Thamrin, Opan, Ratih, Safrina, Titiek dan Triahmadi. *I love u all*. Untuk bu Anita, bu Ati, Arief dan Tri, semoga cepat menyusul kami.

5. Semua pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segalanya.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penyusunan karya akhir ini dengan balasan yang tidak hanya setimpal namun berlimpah. Semoga karya akhir ini memberikan manfaat khususnya bagi saya dan umumnya bagi masyarakat demi pengembangan ilmu dan pengetahuan.

Jakarta, Juni 2010

Achmad Solichin

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademik **Universitas Indonesia**, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ACHMAD SOLICHIN
NPM : 0806444751
Program Studi : MAGISTER TEKNOLOGI INFORMASI
Departemen : ILMU KOMPUTER
Fakultas : ILMU KOMPUTER
Jenis Karya : KARYA AKHIR

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada **Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PEMODELAN ARSITEKTUR TEKNOLOGI INFORMASI BERBASIS CLOUD COMPUTING UNTUK INSTITUSI PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan hasil karya akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di:
Pada tanggal :

Yang menyatakan

(Achmad Solichin)

ABSTRAK

Teknologi *cloud computing* saat ini sedang berkembang pesat dan penggunaannya mulai marak di lingkungan perusahaan termasuk institusi pendidikan. Teknologi *cloud computing* merupakan teknologi dimana sebagian besar proses dan komputasi terletak di jaringan internet sehingga memungkinkan pengguna dapat mengakses layanan yang diperlukan dari manapun dan kapan pun. Menurut data dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), saat ini di Indonesia terdapat 3.150 perguruan tinggi baik swasta maupun negeri. Secara umum, seluruh perguruan tinggi tersebut memiliki kesamaan proses bisnis dan kebutuhan sistem informasi. Namun dalam kenyataannya setiap perguruan tinggi membangun arsitektur dan kebutuhan sistem informasinya secara sendiri-sendiri. Hal tersebut menimbulkan beberapa permasalahan yaitu terjadi *redundancy* sistem informasi, tidak ada standarisasi struktur data, tidak terjadi konsolidasi data antara sistem informasi yang satu dengan yang lainnya dan *inconsistency* pengembangan sistem informasi. Bagi DIKTI, kondisi struktur data dan sistem informasi yang berbeda di setiap perguruan tinggi menyebabkan permasalahan saat DIKTI membutuhkan laporan data perguruan tinggi seluruh Indonesia. Saat ini data laporan perguruan tinggi dikumpulkan oleh perguruan tinggi setiap 6 bulan sekali dalam bentuk laporan EPSBED. Beberapa permasalahan tersebut menjadi dasar pemikiran untuk merancang suatu model arsitektur teknologi informasi menggunakan konsep *cloud computing*. Untuk menghasilkan model arsitektur TI yang sesuai dengan kondisi perguruan tinggi, maka dilakukan perbandingan beberapa *framework* yang telah ada. Berdasarkan hasil analisis terhadap kondisi perguruan tinggi di Indonesia dan menggunakan *framework* yang telah dipilih, dihasilkan suatu model arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan perguruan tinggi di Indonesia. Arsitektur teknologi informasi tersebut terdiri dari arsitektur bisnis, arsitektur data, arsitektur aplikasi dan arsitektur teknologi. Pada arsitektur aplikasi dihasilkan 9 (sembilan) aplikasi yang diletakkan di *cloud*, yaitu ePMB, eAkademik, eLearning, eLibrary, eLaboratory, eKurikulum, ePenelitian, eAlumni dan eEPSBED. Dengan penggunaan konsep *cloud computing*, arsitektur teknologi informasi yang dihasilkan akan menyelesaikan permasalahan *redundancy* sistem informasi, tidak adanya konsolidasi dan standarisasi data serta *inconsistency* dalam pengembangan sistem informasi. Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perguruan tinggi di Indonesia terutama sebagai acuan dalam merancang arsitektur teknologi informasi.

Kata kunci: *cloud computing*, arsitektur teknologi informasi, perguruan tinggi di Indonesia.

x + 172 halaman; 31 gambar; 6 tabel; 2 lampiran

ABSTRACT

Cloud computing technology is currently growing rapidly and its use in corporate environment is booming now, including educational institutions. It is a technology where most of the processes and computations lie in the internet network to enable users to access the services needed, from anywhere and anytime. According to data from the Directorate General of Higher Education, currently in Indonesia there are 3,150 universities, privates and publics. In general, all these universities have in common business processes and information systems need. However, in fact, universities develop their own architecture and information system. Hence, there will be several problems such as redundancy of information systems, lack of standardization of data structures, lack of consolidation among information systems and inconsistency of information system development. Those problems will cause big trouble when the Directorate General of Higher Education requires reports from all of universities in Indonesia. Currently, university's reports were collected every six months in the form of EPSBED. Some of that problems become the rationale for designing an IT architectural model using cloud computing technology. To generate a model, the IT architecture framework will be selected in accordance with the conditions of higher education by comparing several existing frameworks. Based on the analysis of the current condition of universities in Indonesia and selected framework, produced a model of cloud computing-based IT architecture that appropriate with the conditions and needs of universities in Indonesia. Yielded information technology architecture consists of business architecture, data architecture, application architecture and technology architecture. The application architecture consists of 9 (nine) applications placed on cloud, namely ePMB, eAkademik, eLearning, eLibrary, eLaboratory, eKurikulum, ePenelitian, eAlumni and eEPSBED. With the use of cloud computing concept, it will solve the problems of the redundancy of information systems, lack of consolidation and standardization of data and inconsistency in information system development. This study is expected to give contribution to universities in Indonesia, especially as a reference in building information technology architecture.

Keywords: cloud computing, information technology architecture, higher education in Indonesia.

x + 172 pages; 31 figures; 6 tables; 2 attachments

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	3
HALAMAN PENGESAHAN.....	4
KATA PENGANTAR.....	5
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	7
ABSTRAK.....	8
ABSTRACT.....	9
DAFTAR GAMBAR.....	12
DAFTAR TABEL.....	13
DAFTAR LAMPIRAN.....	14
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. PERMASALAHAN.....	4
1.3. BATASAN PERMASALAHAN.....	5
1.4. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	5
1.5. STRUKTUR PENULISAN.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. ARSITEKTUR TEKNOLOGI INFORMASI.....	8
2.1.1. Arsitektur Perusahaan.....	8
2.1.2. Framework Arsitektur Teknologi Informasi.....	10
2.1.3. The Open Group Framework (TOGAF) (TOGAF, 2007).....	11
2.1.4. Zachman Framework.....	23
2.1.5. Federal Enterprise Architecture (FEA) Framework.....	24
2.1.6. Gartner Framework.....	25
2.1.7. Perbandingan Framework Arsitektur Perusahaan.....	27
2.2. SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE (SOA).....	28
2.2.1. Definisi SOA.....	28
2.2.2. Komponen SOA.....	30
2.2.3. Prinsip Dasar SOA.....	31
2.2.4. Kelebihan dan Kekurangan SOA.....	36
2.3. CLOUD COMPUTING.....	37
2.3.1. Definisi Cloud Computing.....	37
2.3.2. Framework Arsitektur Teknologi Informasi berbasis Cloud Computing.....	43
2.3.3. Kelebihan dan Tantangan Cloud Computing.....	49
2.4. GRID COMPUTING.....	55
2.4.1. Definisi Grid Computing.....	55
2.4.2. Manfaat dan Kelebihan Grid Computing.....	58
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	60
3.1. TAHAPAN PENELITIAN.....	60

3.1.1. Identifikasi Permasalahan.....	60
3.1.2. Pengumpulan Data.....	61
3.1.3. Pengolahan dan Analisis Data.....	61
3.1.4. Perancangan Model Arsitektur Teknologi Informasi.....	61
3.1.5. Kesimpulan dan Rekomendasi.....	61
3.1.6. Membuat Laporan Tesis.....	62
3.2. METODOLOGI.....	62
BAB 4. KONDISI PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA.....	66
4.1. TUJUAN, VISI DAN MISI PERGURUAN TINGGI.....	66
4.2. STRUKTUR ORGANISASI PERGURUAN TINGGI.....	67
4.3. STAKEHOLDER PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA.....	70
4.3.1. Manajemen (Pimpinan) Perguruan Tinggi.....	70
4.3.2. Karyawan (Pegawai) Perguruan Tinggi.....	71
4.3.3. Dosen atau Pengajar.....	72
4.3.4. Mahasiswa.....	72
4.3.5. Alumni.....	72
4.3.6. Pemerintah.....	72
4.3.7. Masyarakat.....	73
4.3.8. Dunia Industri.....	73
4.4. PROSES BISNIS.....	77
4.5. ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI.....	85
4.5.1. Arsitektur Data.....	85
4.5.2. Arsitektur Aplikasi.....	87
4.6. ARSITEKTUR TEKNOLOGI.....	99
BAB 5. HASIL PENELITIAN.....	108
5.1. ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI.....	108
5.1.1. Arsitektur Data.....	108
5.1.2. Arsitektur Aplikasi.....	110
5.2. ARSITEKTUR TEKNOLOGI.....	126
5.3. ARSITEKTUR JARINGAN.....	135
5.4. KEAMANAN CLOUD COMPUTING.....	136
5.5. TANTANGAN DAN SOLUSI.....	138
5.6. TATA KELOLA LAYANAN BERBASIS CLOUD COMPUTING.....	139
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	141
6.1. KESIMPULAN.....	141
6.2. SARAN.....	142
DAFTAR PUSTAKA.....	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1: Jumlah Perguruan Tinggi per Jenisnya.....	4
Gambar 2.1: Evolusi dan Hubungan Framework Arsitektur TI.....	10
Gambar 2.2. Komponen Arsitektur Perusahaan.....	12
Gambar 2.3: TOGAF ADM.....	13
Gambar 2.4: Conceptual, Logical dan Physical Data Model.....	19
Gambar 2.5: Zachman Framework.....	23
Gambar 2.6: Segment map of the federal government.....	25
Gambar 2.7: Gartner Enterprise Architecture.....	26
Gambar 2.8: Interaksi Consumer dan Services pada SOA.....	30
Gambar 2.9: Interaksi Consumer dan Service Provider dengan Perantara.....	31
Gambar 2.10: Tightly Coupled dan Loosely Coupled.....	33
Gambar 2.11: Hubungan antara Service Provider, Service Requestor dan Service Registry.....	35
Gambar 2.12: SOA Governance Paradigm.....	36
Gambar 2.13: Model Visual dari Definisi Cloud Computing menurut NIST.....	38
Gambar 2.14: Model Pengembangan Cloud Computing.....	41
Gambar 2.15: Cloud Computing Open Architecture Diagram.....	45
Gambar 2.16: High-level Market Oriented Cloud Architecture.....	48
Gambar 2.17: Hasil Survey tentang Perhatian Utama Perusahaan dalam Penerapan Cloud Computing.....	52
Gambar 2.19: Perbandingan Infrastruktur Traditional Computing dengan Grid Computing.....	56
Gambar 3.1: Metodologi TOGAF dan Cloud Computing.....	63
Gambar 4.1: Struktur Organisasi Perguruan Tinggi Negeri.....	68
Gambar 4.2: Stakeholder Perguruan Tinggi.....	71
Gambar 4.3: Proses Bisnis Perguruan Tinggi.....	78
Gambar 4.4: Arsitektur Data Perguruan Tinggi.....	86
Gambar 4.5. Hasil Pengamatan Sistem Informasi di Perguruan Tinggi.....	89
Gambar 4.6 : Contoh Tampilan Sistem PMB.....	90
Gambar 4.7 : Sistem Informasi Akademik.....	92
Gambar 4.8: Tampilan Elearning Universitas Gadjah Mada.....	93
Gambar 4.9: Digital Library milik Universitas Indonesia.....	94
Gambar 4.10: Arsitektur Aplikasi Perguruan Tinggi.....	100
Gambar 4.11: Skema Jardiknas Tahun 2009.....	101
Gambar 4.12: Skema Link INHERENT.....	104
Gambar 4.13: INHERENT Routing Map.....	105
Gambar 4.14: Model Integrasi Antar Perguruan Tinggi.....	107
Gambar 5.1: Arsitektur Data yang Diusulkan.....	110
Gambar 5.2. Contoh Metadata di Perguruan Tinggi.....	111
Gambar 5.3: McFarlan Strategic Grid.....	113
Gambar 5.4: Pemetaan Aplikasi Sistem Informasi di Perguruan Tinggi.....	114

Gambar 5.5: Arsitektur Aplikasi Berbasis Cloud.....	126
Gambar 5.6: Arsitektur Aplikasi berbasis Cloud.....	127
Gambar 5.7: Model Hubungan Antara Perguruan Tinggi dan Cloud Provider....	129
Gambar 5.8: Letak Cloud Provider.....	130
Gambar 5.9: Arsitektur Teknologi & Model Pengembangan Cloud Computing.	131
Gambar 5.10: Arsitektur TI Perguruan Tinggi berbasis Cloud Computing.....	133
Gambar 5.11: Arsitektur Jaringan Perguruan Tinggi Baru.....	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Perbandingan Empat Framework Arsitektur TI.....	28
Tabel 3.1. Metodologi Penelitian.....	64
Tabel 4.1: Matriks Hubungan Stakeholder Perguruan Tinggi.....	77
Tabel 4.2: Simpul Jaringan INHERENT Tahun 2009.....	103
Tabel 5.1: Sistem Informasi Utama di Perguruan Tinggi.....	115
Tabel 5.2: Aplikasi di Perguruan Tinggi dan Standar Nasional.....	120
Tabel 5.3: Ringkasan Hasil Analisis Aplikasi di Perguruan Tinggi.....	121
Tabel 5.4: Aplikasi yang Diletakkan di Cloud.....	122
Tabel 5.5: Fungsi Dasar dan Stakeholder Aplikasi.....	123
Tabel 5.6: Tantangan dan Solusi dalam Cloud Computing.....	140

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Sampling Perguruan Tinggi.....	109
Lampiran 2 : Hasil Pengamatan Terhadap Sample.....	113

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, permasalahan yang ingin diselesaikan serta tujuan dan manfaat penelitian. Selanjutnya dijelaskan juga struktur penulisan dari laporan ini.

1.1. LATAR BELAKANG

Pada era informasi seperti sekarang ini, peran teknologi informasi dan komputer bagi organisasi sangatlah besar. Teknologi informasi dan komputer tidak hanya sebagai perangkat pendukung organisasi namun sudah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari strategi bisnis organisasi itu sendiri. Untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi, strategi bisnis organisasi dan strategi pengembangan teknologi informasi harus dapat diselaraskan dengan baik.

Salah satu komponen penting dari teknologi informasi dalam perusahaan adalah arsitektur teknologi informasi itu sendiri. Arsitektur teknologi informasi dalam suatu organisasi merupakan sebuah cetak biru (*blue print*) yang menjelaskan bagaimana elemen teknologi informasi dan manajemen informasi bekerja sama sebagai satu kesatuan. Dengan demikian, penerapan arsitektur teknologi informasi yang tepat akan sangat membantu pencapaian tujuan organisasi, termasuk organisasi pendidikan.

Seperti halnya organisasi bisnis lainnya, perguruan tinggi sebagai salah satu institusi pendidikan di Indonesia juga memerlukan peranan teknologi informasi dalam menyelenggarakan proses bisnisnya. Perencanaan arsitektur teknologi informasi juga menjadi hal yang penting untuk dilakukan agar strategi teknologi selaras dengan strategi bisnis perguruan tinggi. Namun saat ini belum banyak tersedia kerangka atau model arsitektur teknologi informasi yang tepat untuk diterapkan dalam institusi perguruan tinggi di Indonesia. Model arsitektur teknologi informasi yang ada sebagian besar hanya berada dalam ruang lingkup

mikro yaitu di suatu institusi pendidikan tertentu. Belum banyak yang membahas mengenai kerangka arsitektur teknologi informasi dalam skala makro bagi perguruan tinggi di Indonesia.

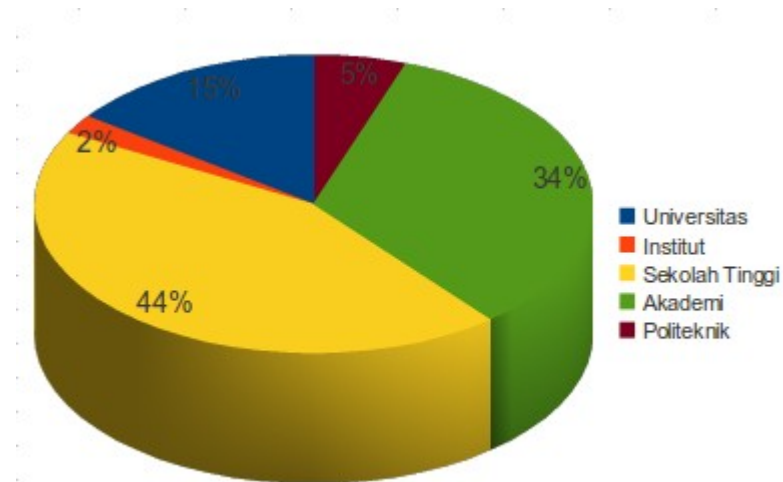
Di sisi lain, kemunculan teknologi *cloud computing* memberikan nilai tambah bagi perancangan arsitektur teknologi informasi bagi organisasi, termasuk institusi pendidikan. Carl Hewitt dalam (Hewitt, 2008) menyatakan bahwa teknologi *cloud computing* merupakan teknologi dimana sebagian besar proses dan komputasi terletak di jaringan internet sehingga memungkinkan pengguna dapat mengakses layanan yang diperlukan dari manapun. Karena memiliki kemudahan akses, maka banyak perusahaan yang mulai mencoba menerapkan konsep *cloud computing*, termasuk di Indonesia. Di Indonesia, beberapa perusahaan seperti PT Astra Graphia Information Technology (Agit), PT In-finys System Indonesia, dan PT Indo Pacific (GreenView) sejak akhir tahun 2009 juga mulai menerapkan teknologi *cloud computing* (Maulani, 2009).

Tabel 1.1: Jumlah Perguruan Tinggi per Propinsi di Indonesia

PROPINSI	Total		Universitas		Institut		Sekolah Tinggi		Akademi		Politeknik	
	PT	PS	PT	PS	PT	PS	PT	PS	PT	PS	PT	PS
DKI JAKARTA	325	1749	50	1037	9	94	140	414	115	147	11	57
JAWA BARAT	387	2145	46	915	8	318	189	598	116	175	28	139
JAWA TENGAH	257	1372	38	890	4	27	81	233	112	142	22	80
DI YOGYAKARTA	123	888	21	606	5	38	40	128	49	69	8	47
JAWA TIMUR	344	2083	82	1366	15	156	146	364	85	106	16	91
NANGROE ACEH D	102	394	11	231	1		47	99	40	43	3	21
SUMATERA UTARA	252	1113	32	612	4	26	86	235	115	154	15	86
SUMATERA BARAT	116	534	9	252	3	32	59	158	41	56	4	36
RIAU	76	330	8	192			32	79	33	41	3	18
JAMBI	38	132	3	60	1		17	49	16	20	1	3
SUMATERA SELATAN	107	453	14	249	1		52	122	32	45	8	37
LAMPUNG	76	292	8	140	2	10	34	83	30	42	2	17
KALIMANTAN BARAT	44	162	4	72			16	41	19	23	5	26
KALIMANTAN TENGAH	25	104	6	74			15	25	3	2	1	3
KALIMANTAN SELATAN	44	193	3	96	1		20	53	16	21	4	23
KALIMANTAN TIMUR	63	269	9	142	1	3	29	70	19	20	5	34
SULAWESI UTARA	51	275	10	185	1	5	24	48	14	19	2	18
SULAWESI TENGAH	31	158	8	117			15	27	7	11	1	3
SULAWESI SELATAN	214	848	23	472	2	9	106	243	79	97	4	27
SULAWESI TENGGARA	39	165	7	107			11	25	20	30	1	3
MALUKU	25	132	4	83			17	36	2	4	2	9
BALI	56	327	12	205	3	23	28	66	9	12	4	21
NUSA TENGGARA BARAT	49	227	10	130	1	10	24	64	13	20	1	3
NUSA TENGGARA TIMUR	38	219	10	154			18	35	7	9	3	21
PAPUA	41	179	6	103	1	7	21	43	11	19	2	7
BENGKULU	18	140	5	113			7	17	5	6	1	4
BANTEN	104	420	11	211	2	12	56	139	31	44	4	14
MALUKU UTARA	16	100	4	67			6	20	3	4	3	9
KEP BANGKA BELITUNG	15	40	1	13			8	18	5	6	1	3
GORONTALO	12	111	4	92			6	15	1	1	1	3
IRIAN JAYA BARAT	17	99	4	61	1	6	9	21	1	1	2	10
KEPULAUAN RIAU	28	118	6	66			14	41	7	8	1	3
SULAWESI BARAT	17	59	3	34			9	19	5	6		
Total	3150	15830	472	9147	66	776	1382	3628	1061	1403	169	876

(sumber: evaluasi.or.id, telah diolah kembali)

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), saat ini di Indonesia terdapat 3.150 perguruan tinggi baik negeri maupun swasta serta 15.830 program studi (Tabel 1.1). Jika dilihat berdasarkan jenis perguruan tinggi maka sebanyak 44% termasuk sekolah tinggi, 34% akademi, 15% universitas, 5% politeknik dan 2% institut (Gambar 1.1). Fakta tersebut menunjukkan bahwa ruang lingkup penelitian di perguruan tinggi di Indonesia cukup luas. Jumlah dan penyebaran institusi perguruan tinggi tersebut juga menjadi potensi dan tantangan bagi pemerintah untuk menyelenggarakan pendidikan yang adil dan merata bagi rakyat Indonesia.



Gambar 1.1: Jumlah Perguruan Tinggi per Jenisnya

Walaupun masing-masing perguruan tinggi tersebut memiliki otonomi untuk menyelenggarakan proses bisnisnya, namun pemerintah sebagai pembuat kebijakan telah membuat standarisasi penyelenggaraan pendidikan melalui UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Dalam undang-undang tersebut, dinyatakan dalam pasal 20 ayat (2) bahwa perguruan tinggi berkewajiban menyelenggarakan pendidikan, penelitian, dan pengabdian pada masyarakat. Jadi, secara umum seluruh perguruan tinggi di Indonesia memiliki kemiripan proses bisnis. Kesamaan karakteristik proses bisnis tersebut akan dijadikan dasar perancangan model arsitektur bagi perguruan tinggi di Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas, penulis melakukan penelitian yang berjudul "Pemodelan Arsitektur Teknologi Informasi Berbasis *Cloud Computing* Untuk Institusi Perguruan Tinggi di Indonesia". Dalam penelitian ini penulis akan berusaha merancang suatu model arsitektur teknologi informasi yang sesuai dengan kondisi perguruan tinggi di Indonesia.

1.2. PERMASALAHAN

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini akan merancang suatu model arsitektur teknologi informasi yang sesuai dengan kondisi dan

kebutuhan perguruan tinggi di Indonesia. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai:

1. Bagaimana model arsitektur teknologi informasi berbasis teknologi *cloud computing* yang sesuai untuk institusi perguruan tinggi di Indonesia?
2. Apa saja yang menjadi komponen arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* untuk perguruan tinggi di Indonesia?
3. Apa saja layanan yang diberikan oleh *cloud computing* provider dalam model arsitektur teknologi informasi perguruan tinggi?

1.3. BATASAN PERMASALAHAN

Agar cakupan penelitian ini tidak terlalu luas, maka penulis hanya membatasi ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada perguruan tinggi di Indonesia, dengan mengambil data sekunder pada 100 (seratus) perguruan tinggi di Indonesia. Data penelitian diambil dengan melakukan pengamatan langsung pada suatu perguruan tinggi serta melakukan studi literatur berupa Undang-undang, tesis, karya akhir atau jurnal yang membahas perancangan arsitektur teknologi informasi.
2. Penelitian ini terbatas pada pembuatan model arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* khusus untuk perguruan tinggi di Indonesia.
3. Penelitian ini akan menganalisis kondisi perguruan tinggi di Indonesia terutama dalam pengembangan arsitektur teknologi informasi, untuk selanjutnya dibuat model arsitektur teknologi informasi yang baru dengan menambahkan konsep *cloud computing*.

1.4. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi perguruan tinggi di Indonesia terutama dari sisi arsitektur teknologi informasinya, selanjutnya dibuat

model arsitektur yang baru dengan menambahkan konsep *cloud computing*. Secara khusus penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi model dasar pengembangan arsitektur teknologi informasi pada perguruan tinggi di Indonesia.

Bagi penulis, penelitian ini memiliki manfaat sebagai sarana pembelajaran dalam meningkatkan ilmu dan pengetahuan, khususnya di bidang arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing*. Diharapkan nantinya akan dapat menjadi bekal ilmu baik dalam implementasi di masyarakat maupun di tempat penulis bekerja.

1.5. STRUKTUR PENULISAN

Penulisan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini akan menjelaskan tentang latar belakang dan permasalahan yang timbul, tujuan penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menjelaskan landasan teori yang akan dilakukan, dimana sumbernya akan mengambil dari buku, jurnal, internet dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Bab ini akan berisi metodologi penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan dan manfaat penelitian dengan cara dan teknik bagaimana memperoleh data dan manfaat penelitian dengan cara dan teknik bagaimana memperoleh data dan memanfaatkan untuk keperluan analisis yang akan dilakukan.

BAB 4 : KONDISI PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA

Di dalam bagian ini akan dipaparkan mengenai analisis terhadap kondisi perguruan tinggi di Indonesia. Data didapat dari hasil pengamatan langsung dan tidak langsung (misalnya melalui *website*), hasil wawancara, hasil studi terhadap literatur atau laporan dan penelitian lainnya.

BAB 5 : HASIL PENELITIAN

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai hasil analisis dan penelitian yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya. Dengan memperhatikan kebutuhan akan sistem informasi dan layanan yang bersifat umum pada perguruan tinggi di Indonesia, selanjutnya akan digunakan *framework* perancangan arsitektur teknologi informasi untuk merancang model arsitektur teknologi informasi pada perguruan tinggi di Indonesia. Dalam proses perancangan model arsitektur teknologi informasi juga akan digunakan konsep *cloud computing* untuk mengatasi berbagai permasalahan yang terjadi pada perguruan tinggi.

BAB 6 : KESIMPULAN DAN SARAN

Di dalam bagian ini akan disajikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Juga akan diberikan saran untuk pengembangan hasil penelitian di masa mendatang terutama dalam kaitannya dengan perguruan tinggi di Indonesia.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. ARSITEKTUR TEKNOLOGI INFORMASI

2.1.1. Arsitektur Perusahaan

Arsitektur merupakan suatu struktur dari komponen-komponen serta hubungan antar komponen tersebut. Sedangkan perusahaan merupakan suatu organisasi yang memiliki suatu visi dan tujuan yang jelas. Di dalam perusahaan terdiri dari berbagai komponen yang secara keseluruhan tersedia untuk mendukung pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Perusahaan tidak selalu berorientasi pada bisnis. Institusi pendidikan merupakan salah satu bentuk perusahaan yang pada dasarnya memiliki tujuan utama untuk membagi pengetahuan kepada peserta didiknya.

Arsitektur perusahaan (*enterprise architecture*) memiliki pengertian yang cukup beragam. Dalam (Andersen, 2008), arsitektur perusahaan diartikan sebagai:

“Enterprise Architecture is a strategic information asset base, which defines the mission, the information necessary to perform the mission and the technologies necessary to perform the mission, and the transitional processes for implementing new technologies in response to the changing mission needs. An enterprise architecture includes a baseline architecture, target architecture, and a sequencing plan.”

Arsitektur perusahaan merupakan suatu informasi strategis yang mendefinisikan misi perusahaan, serta informasi dan teknologi apa saja yang diperlukan untuk mencapai misi tersebut. Arsitektur perusahaan terdiri dari arsitektur dasar, arsitektur tujuan dan perencanaan yang terstruktur untuk mencapai tujuan. Arsitektur dasar suatu perusahaan merupakan kondisi arsitektur yang telah ada (*existing*), misalnya arsitektur jaringan perusahaan. Arsitektur tujuan merupakan arsitektur perusahaan yang ingin dicapai atau

akan dibangun (*to-be*). Untuk mencapai arsitektur tujuan, diperlukan suatu perencanaan dan langkah-langkah terstruktur sehingga secara bertahap akan tercapai.

Setiap bentuk perusahaan atau organisasi pada dasarnya memerlukan adanya arsitektur perusahaan. Arsitektur perusahaan diperlukan untuk menjadi panduan dan arahan bagi perusahaan agar mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Selain itu, arsitektur perusahaan juga berguna untuk menyelaraskan dan mensinergikan di antara setiap komponen dalam perusahaan.

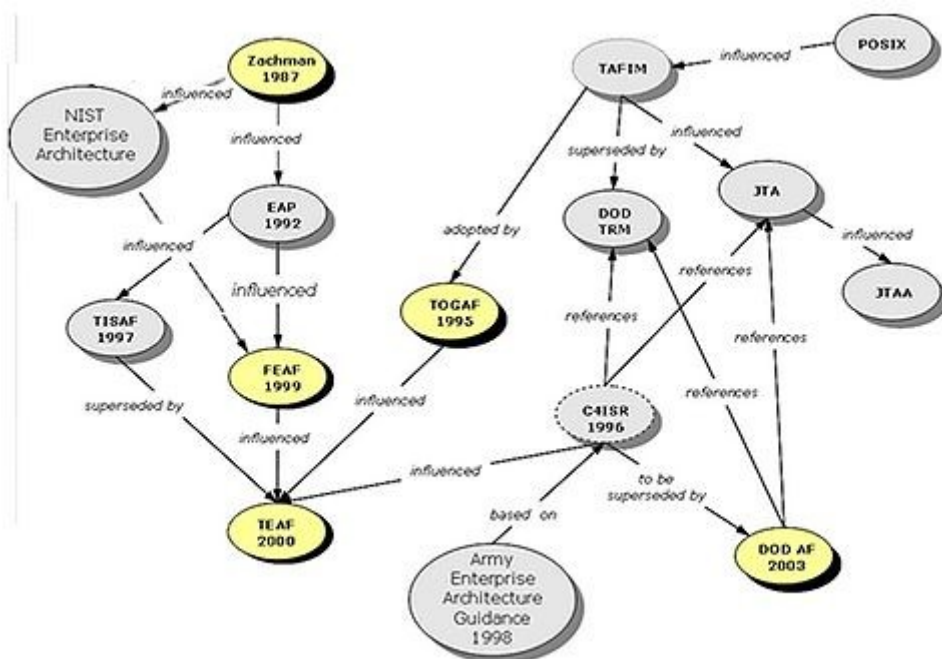
Selain itu, perusahaan yang memiliki arsitektur perusahaan yang baik akan memperoleh beberapa manfaat, (TOGAF, 2007) yaitu:

1. Proses dalam perusahaan, terutama yang berhubungan dengan teknologi informasi akan lebih efisien. Biaya pengembangan dan pemeliharaan sistem informasi akan lebih murah, karena standar arsitekturnya sudah ditetapkan. Interoperabilitas aplikasi dengan aplikasi lain dalam perusahaan juga akan lebih tinggi karena struktur penyimpanan data sudah didefinisikan dan ditetapkan dengan baik. Penanganan keamanan aplikasi, perbaikan dan penambahan aplikasi juga akan lebih mudah dilaksanakan.
2. Investasi saat ini dan di masa mendatang menjadi lebih terkendali karena perusahaan sudah memiliki perencanaan yang jelas mengenai kebutuhan infrastruktur dan sistem informasi. Infrastruktur teknologi informasi menjadi lebih sederhana dan dalam pengadaan infrastruktur maupun sistem informasi, perusahaan secara fleksibel dapat memilih untuk membangunnya sendiri, membeli atau menyerahkan ke pihak lain.
3. Proses pengadaan infrastruktur teknologi informasi menjadi lebih cepat, sederhana dan murah karena semua sudah direncanakan dengan baik oleh perusahaan. Perusahaan juga secara fleksibel dapat memilih *vendor* sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

2.1.2. *Framework* Arsitektur Teknologi Informasi

Arsitektur teknologi informasi merupakan organisasi dasar dari sistem intensif pada perangkat lunak. Sebuah sistem adalah intensif pada perangkat lunak karena bagian yang paling menonjol dari sebuah arsitektur teknologi informasi adalah aplikasinya, yaitu bagian yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pekerjaan bisnisnya.

Framework atau kerangka perancangan arsitektur teknologi informasi saat ini cukup banyak tersedia. Namun pada dasarnya memiliki tujuan yang sama yaitu mempermudah perancangan arsitektur teknologi informasi pada suatu perusahaan. Contoh *framework* arsitektur teknologi informasi yang banyak digunakan adalah *Zachman Enterprise Architecture Framework* dan *The Open Group Architecture Framework (TOGAF)*.



Gambar 2.1: Evolusi dan Hubungan Framework Arsitektur TI (Wikipedia, 2010)

Selain TOGAF dan *Zachman Framework*, saat ini cukup banyak *framework* lain yang berkembang. Pada gambar 2.1 ditunjukkan evolusi dan hubungan dari beberapa *framework* arsitektur perusahaan. Masing-masing

framework memiliki kelebihan, kekurangan dan tujuan pengembangannya.

Berikut ini beberapa *framework* arsitektur teknologi informasi:

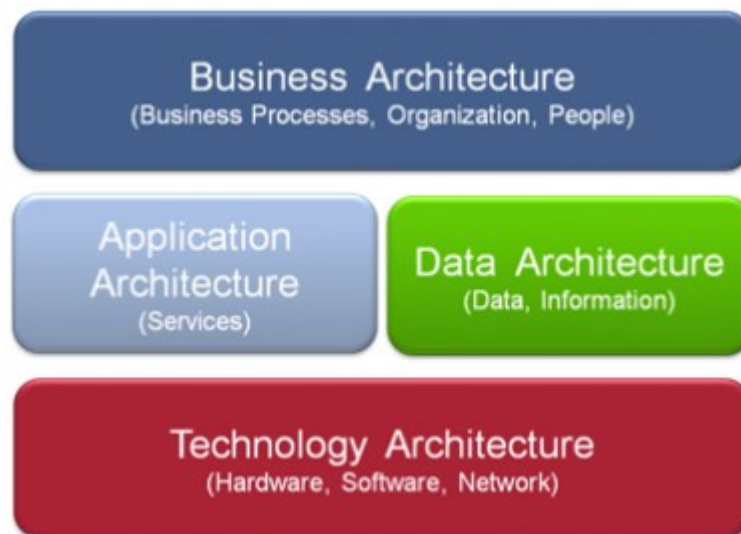
- *Extended Enterprise Architecture Framework (E2AF)*
- *Enterprise Architecture Planning (EAP)*
- *Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF)*
- *Treasury Enterprise Architecture Framework (TEAF)*
- *Integrated Architecture Framework (IAF)*
- *Joint Technical Architecture (JTA)*
- *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) and DoD Architecture Framework (DoDAF)*
- *Department of Defense Technical Reference Model (DoD TRM)*
- *Technical Architecture Framework for Information Management (TAFIM)*
- *Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture (CIMOSA)*
- *Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA)*
- *Standards and Architecture for eGovernment Applications (SAGA)*

2.1.3. The Open Group Framework (TOGAF) (TOGAF, 2007)

TOGAF merupakan standar industri untuk metode pengembangan arsitektur dan basis sumber daya yang dapat digunakan secara bebas oleh setiap organisasi yang ingin mengembangkan arsitektur perusahaan untuk digunakan di perusahaan sendiri. TOGAF telah dikembangkan dan berevolusi secara berkesinambungan sejak pertengahan 90-an oleh perwakilan dari beberapa organisasi pemakai dan *vendor* teknologi informasi yang terkemuka, bekerja sama dalam *The Open Group's Architecture Forum*.

TOGAF menyediakan berbagai metode dan *tools* untuk membantu perusahaan dalam mempersiapkan, mengembangkan, menggunakan dan memelihara arsitektur perusahaannya. TOGAF dibuat dan terus disempurnakan secara berkelanjutan berdasarkan *best practice* dari berbagai perusahaan dan organisasi. TOGAF mendukung empat jenis arsitektur perusahaan, yaitu arsitektur bisnis, arsitektur data, arsitektur aplikasi dan arsitektur teknologi.

Arsitektur bisnis merupakan arsitektur yang mendefinisikan strategi bisnis, proses bisnis utama dan pendukung organisasi serta pengelolaannya. Arsitektur data mendefinisikan struktur data dan sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan, baik secara fisik maupun logis. Salah satu contoh arsitektur data dalam institusi pendidikan misalnya bagaimana struktur penyimpanan data dosen dan mahasiswa.

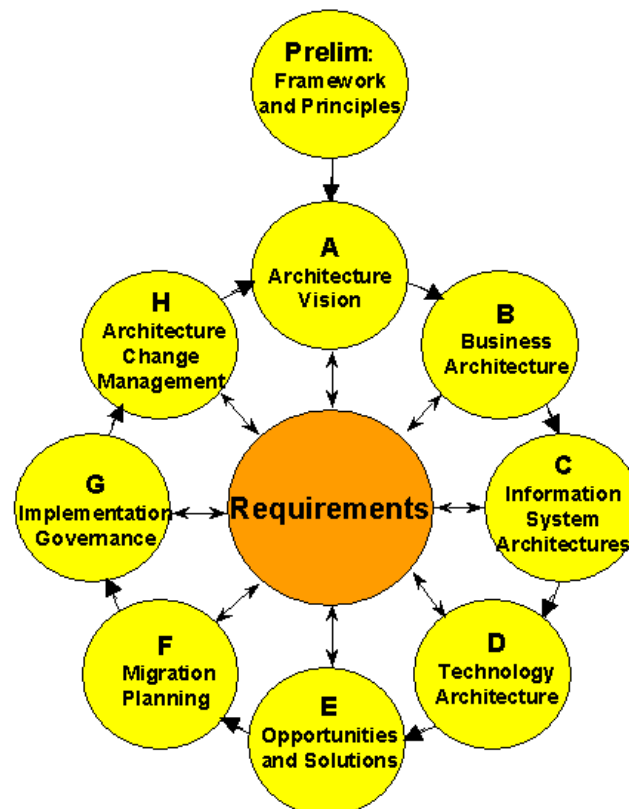


Gambar 2.2. Komponen Arsitektur Perusahaan

Sedangkan arsitektur aplikasi mendefinisikan cetak biru dari pengembangan aplikasi dan sistem informasi di dalam perusahaan, termasuk kaitannya dengan proses bisnis perusahaan. Salah satu bentuk dari arsitektur aplikasi perusahaan dapat dilihat dalam dokumen perencanaan TI (*IT Plan*). TOGAF juga mendukung arsitektur teknologi yang menggambarkan

kebutuhan perangkat lunak, perangkat keras dan jaringan untuk mendukung proses bisnis dan arsitektur yang lainnya.

TOGAF sebagai sebuah *framework* arsitektur teknologi informasi memiliki fase-fase yang membentuk siklus pengembangan arsitektur teknologi informasi. Siklus tersebut disebut sebagai *Architecture Development Method* (ADM). ADM terdiri dari satu buah fase persiapan, 8 (delapan) buah fase utama dan sebuah proses yang mengelola dan mengatur keseluruhan fase dalam ADM.



Gambar 2.3: TOGAF ADM (TOGAF, 2007)

1. *Preliminary Phase*

Sebelum membangun arsitektur perusahaan, diperlukan langkah persiapan yang menjelaskan latar belakang, inisiatif, proses yang mendorong perusahaan untuk membangun atau memperbaiki arsitektur

perusahaannya. Fase ini juga memastikan bahwa semua yang terlibat dalam pengembangan arsitektur perusahaan memiliki komitmen yang sama. Beberapa tujuan dasar dari fase ini adalah:

- Menentukan prinsip-prinsip dan asumsi-asumsi pengembangan arsitektur.
- Menentukan pihak-pihak yang akan terlibat dalam pengembangan arsitektur beserta tanggung jawabnya masing-masing.
- Menentukan framework dan metodologi pengembangan arsitektur.
- Menentukan prosedur untuk proses evaluasi arsitektur.

Sedangkan masukan pada tahap ini dapat berasal dari dokumen yang berhubungan dengan arsitektur perusahaan maupun dokumen terkait lainnya. Dokumen yang terkait dengan arsitektur antara lain model organisasi untuk arsitektur perusahaan, *framework* arsitektur dan prinsip-prinsip arsitektur yang berlaku di perusahaan saat ini. Sedangkan masukan dari dokumen non arsitektural antara lain visi, misi dan tujuan perusahaan, *project portfolio management*, dokumen kerjasama dan kontrak kerja, serta dokumen strategi teknologi informasi.

Keluaran yang dihasilkan dari fase ini dapat terdiri dari model organisasi untuk arsitektur perusahaan, *framework* arsitektur yang telah disesuaikan, *architecture repository* dan *framework* tata kelola.

2. Phase A: Architecture Vision

Fase ini merupakan langkah awal dalam membangun arsitektur perusahaan. Fase ini bertujuan untuk memastikan bahwa proses pengembangan arsitektur perusahaan sudah berada di jalur yang tepat dan mendapat dukungan dari pihak manajemen perusahaan. Selain itu, fase ini juga bertujuan untuk:

- Menetapkan dan mengatur siklus pengembangan arsitektur perusahaan sesuai yang sudah didefinisikan di fase sebelumnya.

- Melakukan validasi terhadap prinsip-prinsip bisnis, tujuan bisnis dan strategi bisnis yang mempengaruhi organisasi.
- Mendefinisikan ruang lingkup dan prioritas komponen dari arsitektur perusahaan saat ini.
- Mendefinisikan pihak-pihak yang terkait beserta wewenang dan tugasnya masing-masing.
- Mendefinisikan persyaratan-persyaratan bisnis yang harus dipenuhi untuk mendukung proses pengembangan arsitektur perusahaan.

Tahapan ini memiliki beberapa masukan, antara lain model organisasi untuk arsitektur perusahaan, kerangka arsitektur yang telah disesuaikan dan *architecture repository*. Model organisasi terdiri dari informasi mengenai lingkup organisasi yang terkena dampak arsitektur perusahaan, peran dan tanggung jawab setiap pihak yang mengembangkan arsitektur perusahaan, batasan-batasan arsitektur perusahaan, alokasi anggaran dan biaya, serta tata kelola dan strategi pengembangan arsitektur perusahaan. Kerangka arsitektur yang telah disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan antara lain berisi model dan isi dari arsitektur, perangkat bantu (*tool*) yang digunakan, dan hubungan dengan tata kelola dan kerangka arsitektur lainnya. *Architecture repository* merupakan suatu tempat penyimpanan semua dokumen terkait dengan arsitektur perusahaan, termasuk catatan keluaran (*deliverable*) dari arsitektur perusahaan.

Keluaran dari fase *Architecture Vision* ini antara lain dokumen pengembangan arsitektur perusahaan yang telah disetujui oleh pimpinan perusahaan, pernyataan mengenai prinsip dan tujuan bisnis serta hal-hal yang mempengaruhi bisnis, prinsip-prinsip dan kemampuan arsitektur. Selain itu, juga terdapat keluaran visi arsitektur yang mencakup bagaimana arsitektur bisnis, data, informasi dan teknologi yang ada saat ini serta bagaimana target arsitektur bisnis, data, informasi dan teknologi yang ingin dicapai di masa mendatang.

3. *Phase B: Business Architecture*

Fase ini menjelaskan mengenai arsitektur bisnis perusahaan yang akan mendukung tercapainya visi, misi dan tujuan perusahaan seperti sudah didefinisikan di fase sebelumnya. Pada fase ini digambarkan arsitektur bisnis yang berjalan saat ini menggunakan *tools* seperti *Unified Modeling Language* (UML). Selain itu juga dirancang target dari arsitektur bisnis perusahaan yang menjelaskan strategi dari sisi produk atau layanan yang diberikan, struktur organisasi, proses bisnis maupun gambaran dari lingkungan bisnis di luar perusahaan. Selanjutnya setelah digambarkan kondisi saat ini, dilakukan analisis perbedaan (*gap analysis*) antara arsitektur bisnis saat ini dan arsitektur bisnis yang menjadi target.

Seperti pada fase sebelumnya, masukan untuk fase ini juga terdiri dari model organisasi untuk arsitektur perusahaan, kerangka arsitektur yang telah disesuaikan dan *architecture repository*. Selain ketiga komponen tersebut, komponen *enterprise continuum* dari TOGAF serta *architecture vision* yang berasal dari fase sebelumnya juga menjadi masukan penting bagi fase *Business Architecture*.

Fase B memiliki keluaran antara lain berupa perbaikan dari *Architecture Vision* dan *draft* dari *Architecture Definition Document*. *Architecture Definition Document* merupakan dokumen yang terdiri dari arsitektur bisnis saat ini dan arsitektur bisnis yang menjadi target. Arsitektur bisnis yang menjadi target merupakan gambaran dari kondisi arsitektur bisnis yang diinginkan, antara lain terdiri dari struktur organisasi, tujuan bisnis, proses bisnis, layanan-layanan dalam bisnis, aturan-aturan bisnis dan *business data model*. Keluaran dari fase ini juga dapat dilengkapi dengan hasil *gap analysis* antara arsitektur bisnis saat ini dan yang menjadi target.

4. *Phase C: Information Systems Architectures*

Tahapan ini menjelaskan pengembangan arsitektur sistem informasi perusahaan, termasuk arsitektur data dan arsitektur aplikasi. Arsitektur data mendefinisikan kebutuhan dari data untuk mendukung proses bisnis perusahaan. Arsitektur data di fase ini terkait dengan apa saja data yang perlu disimpan dan dikelola oleh perusahaan, namun belum sampai mendefinisikan struktur basis datanya. Contoh data yang diperlukan dalam proses bisnis di perguruan tinggi adalah penyimpanan data dosen dan data mahasiswa.

Sedangkan arsitektur aplikasi mendefinisikan aplikasi-aplikasi yang dibutuhkan untuk mengolah data dan mendukung proses bisnis perusahaan. Seperti halnya pada arsitektur data, arsitektur aplikasi juga hanya mendefinisikan apa saja aplikasi yang diperlukan, tidak diperlukan desain dari masing-masing aplikasi maupun teknologi yang harus digunakan. Aplikasi yang dihasilkan terlepas dari teknologi, sehingga teknologi yang digunakan dapat disesuaikan dengan perkembangan teknologi itu sendiri. Contoh kebutuhan aplikasi dalam dunia pendidikan adalah aplikasi penerimaan mahasiswa baru untuk mengelola data dan proses yang berhubungan dengan calon mahasiswa baru.

Selain visi arsitektur dan *architecture definition document* yang merupakan hasil dari fase sebelumnya, masukan untuk fase C ini antara lain prinsip-prinsip arsitektur yang berhubungan dengan data dan aplikasi. Prinsip-prinsip arsitektur yang berhubungan dengan data antara lain:

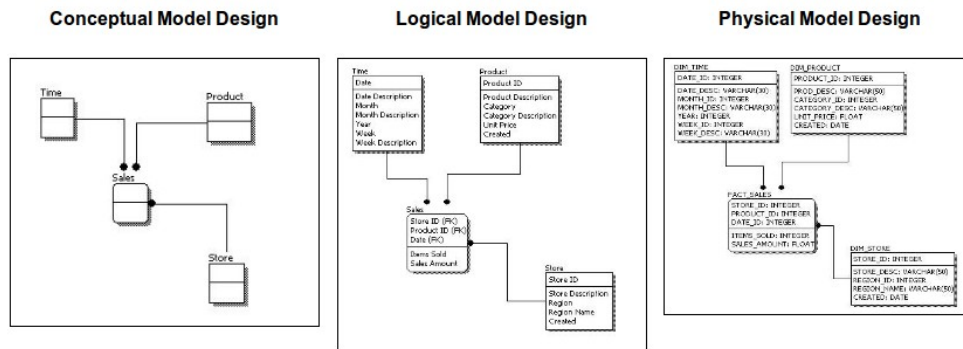
- Data adalah aset perusahaan yang memiliki nilai (*value*) bagi perusahaan dan harus dikelola secara tepat.
- Data adalah sesuatu yang dapat dibagi (*share*). Dengan berbagi data, perusahaan dapat lebih meningkatkan akurasi dari pengambilan keputusan karena terdapat lebih banyak sudut pandang terhadap data.
- Data adalah sesuatu yang dapat diakses oleh banyak pengguna sesuai dengan kebutuhannya masing-masing.

- *Data Trustee* artinya setiap elemen data memiliki tanggung jawab dalam menjamin kualitasnya.
- Data didefinisikan secara konsisten di seluruh perusahaan dan definisi tersebut dapat dimengerti dan tersedia bagi semua pengguna.
- *Data security* atau keamanan data sehingga data akan aman dari akses pihak-pihak yang tidak memiliki hak.

Dalam kaitannya dengan aplikasi, terdapat dua prinsip dasar yaitu kebebasan atas teknologi dan kemudahan penggunaan. Aplikasi tidak boleh terikat dengan teknologi tertentu yang berakibat pada kurang adaptifnya aplikasi tersebut. Arsitektur aplikasi harus terbebas dari teknologi tertentu sehingga aplikasi dapat disesuaikan dengan setiap perkembangan teknologi, serta dapat disesuaikan dengan berbagai *platform* yang berbeda. Sedangkan prinsip kemudahan penggunaan mengharuskan rancangan dari aplikasi yang mudah dimengerti dan digunakan oleh setiap pengguna, baik pengguna tingkat pemula maupun yang sudah mahir.

Keluaran utama dari fase pengembangan arsitektur ini adalah arsitektur data dan arsitektur aplikasi, baik arsitektur saat ini maupun arsitektur yang menjadi target atau masa mendatang. Selain itu, juga terdapat keluaran hasil analisis perbandingan (*gap analysis*) antara arsitektur data dan aplikasi saat ini dengan arsitektur data dan aplikasi yang menjadi target. Untuk menggambarkan arsitektur data dapat dilakukan dengan *business data model*, *logical data model* dan *data management process model*. Sedangkan untuk menyajikan arsitektur aplikasi dapat dengan menggambarkan *process system model*, *place system model*, *time system model* dan *people system model*.

Berikut ini contoh perbandingan antara *conceptual (business) data model*, *logical data model* dan *physical data model*.



Gambar 2.4: *Conceptual, Logical dan Physical Data Model*

(1keydata.com, 2010)

5. Phase D: Technology Architecture

Fase ini menjelaskan mengenai pengembangan arsitektur teknologi yang diperlukan oleh perusahaan. Fase ini mendefinisikan kebutuhan teknologi baik dari sisi *hardware* maupun *software*, untuk mendukung penerapan aplikasi-aplikasi yang telah didefinisikan di fase sebelumnya. Pada fase ini, disajikan arsitektur teknologi yang sudah ada saat ini, arsitektur teknologi yang menjadi target di masa mendatang serta perbandingan diantara keduanya.

Selain masukan yang berasal dari keluaran fase-fase sebelumnya yaitu visi arsitektur, arsitektur bisnis, arsitektur data dan arsitektur aplikasi, masukan dari fase D juga dapat berasal dari prinsip-prinsip arsitektur yang berhubungan dengan teknologi. Menurut TOGAF, terdapat 4 (empat) prinsip dasar arsitektur teknologi, yaitu:

- Perubahan arsitektur teknologi harus sesuai dan selaras dengan kebutuhan bisnis.
- *Responsive Change Management*, artinya perubahan terhadap lingkungan informasi perusahaan dilaksanakan secara tepat waktu.

- Kendali terhadap perbedaan teknis harus dilakukan agar tidak terjadi pengeluaran biaya berasal dari permasalahan teknik kecil.
- *Interoperability*, artinya perangkat lunak dan perangkat keras harus memenuhi standar sehingga dapat dengan mudah melakukan integrasi antara data, aplikasi dan teknologi.

Adapun keluaran dari fase ini antara lain gambaran dari arsitektur teknologi yang sudah ada saat ini serta bentuk arsitektur teknologi yang menjadi target perusahaan. Arsitektur teknologi target dapat terdiri dari daftar komponen teknologi serta hubungannya dengan sistem informasi, berbagai *platform* teknologi serta spesifikasinya, gambaran teknologi komunikasi fisik (jaringan komputer), dan juga perangkat keras dan perangkat lunak beserta spesifikasinya. Analisis *gap* antara arsitektur teknologi saat ini dengan arsitektur teknologi yang menjadi target juga perlu dilakukan untuk mengetahui posisi perusahaan saat ini sekaligus menyusun perencanaan penerapan teknologi di masa mendatang (*technology roadmap*).

6. Phase E: Opportunities & Solutions

Fase ini memaparkan mengenai tantangan dan solusi terhadap permasalahan atau kekurangan yang terjadi pada arsitektur perusahaan saat ini. Fase ini juga mendefinisikan berbagai pilihan dalam membangun arsitektur teknologi informasi yang menjadi tujuan perusahaan, misalnya apakah perusahaan harus membangun sendiri, membeli dari pihak lain atau melakukan strategi *outsourcing*.

Input dari fase E ini antara lain terdiri dari keluaran pada fase-fase pengembangan arsitektur sebelumnya, yaitu arsitektur bisnis, arsitektur data, arsitektur aplikasi dan arsitektur teknologi. Selain itu, sebagai masukan tambahan dalam fase ini juga perlu dilihat model dan kerangka kerja dalam tata kelola arsitektur, dimana terdiri dari *framework* manajemen arsitektur perusahaan, *framework* manajemen kemampuan, *framework* manajemen

proyek, *framework* manajemen *portfolio* dan *framework* manajemen operasional.

Adapun keluaran utama dari fase ini adalah arsitektur transisi dimana terdiri dari tantangan dan solusi dalam penerapan arsitektur, analisis risiko yang mungkin terjadi dalam penerapan arsitektur serta faktor-faktor yang mungkin akan menjadi penghambat dalam penerapan arsitektur perusahaan.

7. Phase F: Migration Planning

Langkah ini menyajikan perencanaan proses migrasi dan implementasi arsitektur perusahaan yang baru. Fase ini menghasilkan urutan langkah-langkah penerapan arsitektur teknologi informasi yang baru sesuai dengan prioritas. Fase ini menghasilkan *roadmap* penerapan arsitektur teknologi informasi.

Masukan untuk fase *Migration Planning* adalah hasil dari fase-fase sebelumnya, antara lain visi arsitektur, arsitektur bisnis, arsitektur data, arsitektur aplikasi, arsitektur teknologi hingga arsitektur transisi. Selain itu, dokumen perencanaan implementasi dan migrasi arsitektur juga dapat menjadi masukan fase ini. Sedangkan keluaran dari fase F adalah dokumen perencanaan proses implementasi dan migrasi arsitektur perusahaan dan juga model tata kelola implementasi arsitektur perusahaan

8. Phase G: Implementation Governance

Fase ini melakukan pengawasan dan pengelolaan proses implementasi arsitektur perusahaan. Tata kelola penerapan arsitektur perusahaan akan menjamin setiap langkah yang ditempuh oleh perusahaan agar selalu sesuai dengan arah yang telah ditetapkan.

Input dari fase G adalah hasil dari fase-fase sebelumnya termasuk perencanaan implementasi dan migrasi serta tata kelolanya. Sedangkan keluaran dari fase G adalah solusi-solusi yang sesuai dengan permasalahan

penerapan arsitektur perusahaan, termasuk juga dokumen *service level agreement* (SLA).

9. Phase H: Architecture Change Management

Tahapan ini menyajikan prosedur-prosedur manajemen perubahan (*change management*) ke arsitektur perusahaan yang baru. Tahapan ini juga mendefinisikan proses pengawasan terhadap penerapan arsitektur yang baru dan pihak-pihak yang bertanggung jawab melakukan pengawasan tersebut. Tahapan ini juga mendefinisikan risiko-risiko yang mungkin terjadi di dalam perusahaan terkait dengan penerapan arsitektur teknologi informasi yang baru.

Masukan pada tahap ini merupakan keluaran dari tahap-tahap sebelumnya, termasuk kerangka usulan manajemen perubahan (*change management request*) yang berasal dari berbagai sumber. Selanjutnya inputan manajemen perubahan akan disesuaikan dengan kondisi pengembangan arsitektur di perusahaan sehingga menghasilkan dokumen manajemen perubahan.

10. Requirements Management

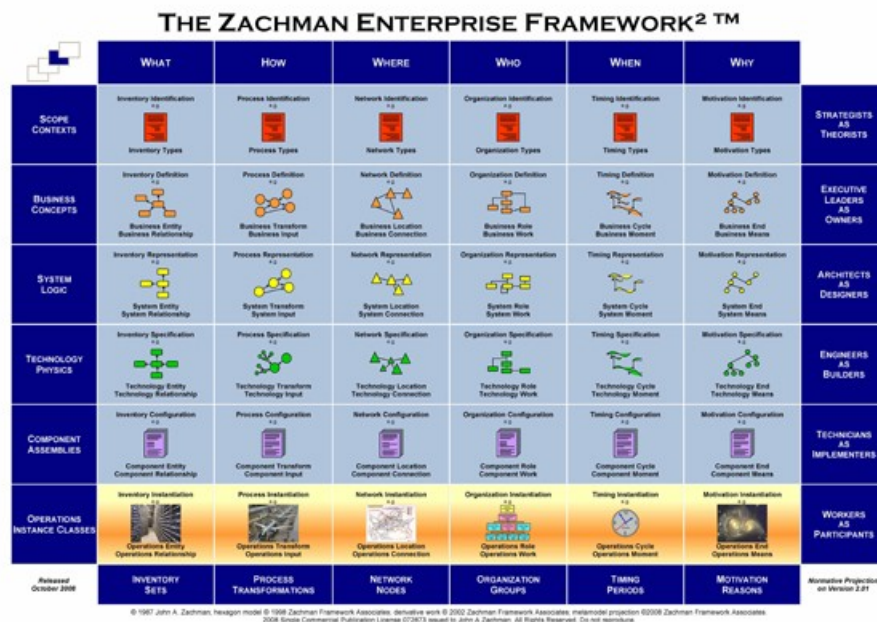
Bagian ini yang bertugas untuk meneliti dan mengawasi proses pengembangan arsitektur TI perusahaan. Bagian ini bukanlah sebuah tahapan pengembangan arsitektur perusahaan, namun merupakan bagian penting karena mengatur dan mengelola kebutuhan setiap fase dalam pengembangan arsitektur perusahaan.

2.1.4. Zachman Framework

Zachman Framework diperkenalkan pertama kali pada tahun 1987 oleh J.A. Zachman (Zachman, 1987). *Zachman Framework* menyajikan suatu metode terstruktur untuk menggambarkan suatu perusahaan atau organisasi. *Zachman Framework* menggambarkan hubungan antara baris

dan kolom sehingga membentuk suatu matriks. Pada sisi kolom terdiri dari 6 (enam) pertanyaan mendasar yaitu *what* (apa), *how* (bagaimana), *when* (kapan), *who* (siapa), *where* (dimana) dan *why* (mengapa). Sedangkan pada sisi baris terdiri dari *Scope (Contextual)*, *Business Model (Conceptual)*, *System (Logical)*, *Technology (Physical)*, *Detailed Representations (Out-of-Context)* dan *Functioning Enterprise*.

Secara sederhana, matriks tersebut merupakan perpaduan antara enam gambaran (*descriptive*) dan enam perspektif dari arsitektur (Zachman & Sowa, 1992). Kolom deskriptif merupakan jawaban dari keenam pertanyaan di atas. Pada kolom deskriptif terdapat gambaran arsitektur yang dilihat berdasarkan *data, function, network, people, time, dan motivation*. Sedangkan pada baris terdapat enam perspektif pengguna dalam suatu perusahaan yaitu *planner, owner, designer, builder, subcontractor, dan enterprise*. Perpaduan antara baris dan kolom tersebut akan menghasilkan suatu model yang akan menggambarkan arsitektur perusahaan secara menyeluruh.



Gambar 2.5: Zachman Framework (zachmaninternational.com, 2008)

Zachman Framework pada dasarnya bukanlah suatu metodologi pengembangan arsitektur perusahaan karena tidak menyajikan langkah-langkah dan proses untuk menghasilkan arsitektur perusahaan. *Framework* ini menyediakan kerangka untuk mendefinisikan rancangan dokumen, spesifikasi dan model dari komponen arsitektur perusahaan. *Framework* ini juga menyajikan hubungan antara setiap komponen arsitektur.

2.1.5. Federal Enterprise Architecture (FEA) Framework

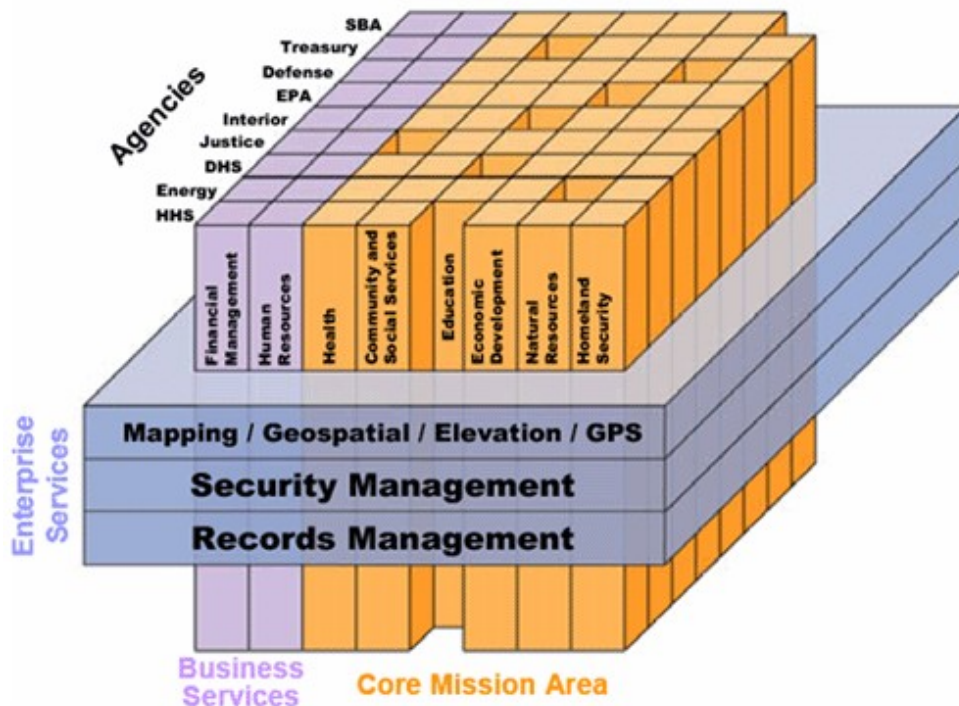
FEA Framework merupakan kerangka kerja arsitektur perusahaan yang dikembangkan oleh pemerintah federal Amerika Serikat. Tujuannya untuk menyatukan berbagai data dan fungsi di berbagai badan pemerintah menjadi satu kesatuan arsitektur. *Framework* ini pertama kali dirilis pada tahun 1999. Hingga saat ini masih terus dikembangkan dan disempurnakan.

Secara umum, *framework* FEA merupakan *framework* yang paling lengkap karena memiliki taksonomi yang menyeluruh dan proses arsitektur yang lengkap. FEA merupakan gabungan dari *Zachman Framework* dan TOGAF. FEA dapat dilihat sebagai suatu metodologi pengembangan arsitektur perusahaan atau menerapkan hasil suatu proses untuk perusahaan dan instansi lainnya, terutama instansi di bawah pemerintah federal Amerika Serikat. Walaupun demikian, tidak menutup kemungkinan untuk menerapkan *framework* FEA di perusahaan swasta.

FEA bukan hanya sebuah model pengembangan arsitektur perusahaan, namun memiliki cakupan yang lebih luas. Berikut ini beberapa cakupan dari *framework* FEA, antara lain:

- Sebuah perspektif tentang bagaimana arsitektur perusahaan dilihat.
- Sebuah kumpulan dari model-model referensi untuk menggambarkan perspektif yang berbeda dari arsitektur perusahaan.
- Sebuah proses untuk membuat arsitektur perusahaan.
- Sebuah proses perubahan dari paradigma sebelum penerapan FEA dan sesudah penerapan FEA.

- Sebuah taksonomi untuk menyajikan katalog dari aset perusahaan yang termasuk dalam arsitektur perusahaan.
- Sebuah pendekatan untuk mengukur keberhasilan penerapan arsitektur perusahaan dalam menggerakkan bisnis perusahaan.

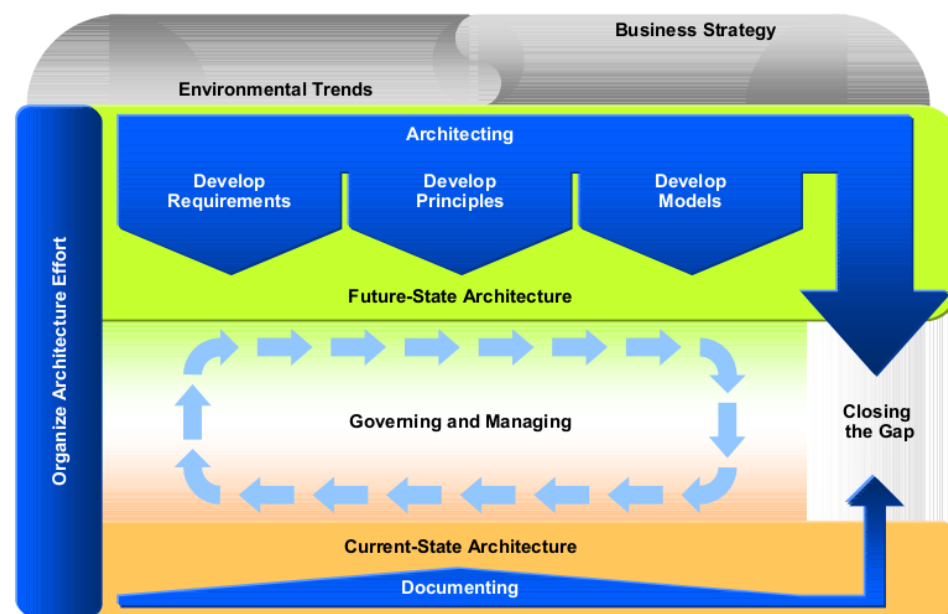


Gambar 2.6: *Segment map of the federal government*
(Sessions, 2007)

2.1.6. Gartner Framework

Gartner merupakan salah satu organisasi terkemuka di bidang teknologi informasi, terutama dilihat dari penelitian-penelitiannya yang sangat berguna bagi perkembangan teknologi informasi. *Framework* Gartner tidak seperti *framework* lainnya yaitu TOGAF, Zachman dan FEA. Gartner bukanlah suatu kumpulan proses pengembangan arsitektur perusahaan seperti TOGAF, atau sebuah taksonomi yang menggambarkan arsitektur perusahaan seperti Zachman. *Framework* Gartner merupakan kumpulan praktik-praktik perancangan arsitektur perusahaan yang telah dilakukan oleh perusahaan Gartner.

Di dalam dokumen *Gartner Enterprise Architecture Process: Evolution 2005* (Bittler & Kreizman, 2005), digambarkan mengenai proses pengembangan arsitektur perusahaan. Seperti terlihat pada gambar 2.7 berikut ini, pengembangan arsitektur perusahaan menurut Gartner memiliki beberapa fase, bersifat iteratif dan tidak linier. *Framework* Gartner memiliki focus utama pada proses pengembangan arsitektur, evolusi dan migrasi, tata kelola dan pengorganisasian setiap proses.



Source: Gartner (October 2005)

Gambar 2.7: Gartner Enterprise Architecture (Bittler & Kreizman, 2005)

Proses pengembangan arsitektur perusahaan menggunakan *framework* Gartner memiliki beberapa proses utama. Proses tersebut saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Pengembangan arsitektur diawali dengan melihat dan mendokumentasikan arsitektur perusahaan saat ini. Selanjutnya dilakukan pembuatan arsitektur perusahaan yang menjadi target (*future-state architecture*). Pembuatan arsitektur perusahaan target memperhatikan dua hal utama, yaitu *trend* di lingkungan eksternal perusahaan, seperti teknologi, ekonomi, sosial, budaya dan politik serta strategi bisnis perusahaan. Pembuatan arsitektur terbagi menjadi tiga fase

yaitu membangun kebutuhan (*requirement*), membangun prinsip-prinsip arsitektur dan membangun model arsitektur.

Setelah didapatkan model arsitektur, selanjutnya dilakukan perbandingan antara arsitektur saat ini dengan arsitektur yang menjadi target. Hasil dari perbandingan tersebut dapat dijadikan dasar penyusunan *roadmap* pengembangan arsitektur perusahaan.

2.1.7. Perbandingan *Framework* Arsitektur Perusahaan

Sejalan dengan kesimpulan yang disampaikan oleh Roger Sessions dalam (Sessions, 2007), antara *Zachman Framework* dan TOGAF memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Keduanya tidak dapat diperbandingkan secara mutlak karena keduanya memiliki cara pandang yang berbeda. Bagi perusahaan akan lebih baik jika dapat menggabungkan kedua *framework* tersebut dalam pengembangan arsitektur teknologi informasinya.

Tabel 2.1 berikut ini menyajikan hasil perbandingan antara empat *framework* arsitektur teknologi informasi yaitu Zachman, TOGAF, FEA dan Gartner. Dari tabel terlihat bahwa *Zachman Framework* memiliki kelebihan dari sisi kelengkapan komponen arsitekturnya, sedangkan TOGAF memiliki kelebihan dari sisi kelengkapan proses diantara komponen dalam arsitektur. Selain itu, jika dilihat dari rata-rata *rating* untuk setiap *framework*, terlihat bahwa TOGAF dan FEA memiliki *rating* yang lebih tinggi dibanding *framework* lainnya. FEA kurang sesuai jika digunakan untuk institusi pendidikan karena dilihat dari sejarah pengembangannya FEA secara khusus dikembangkan untuk institusi tertentu. Jadi, untuk institusi pendidikan, terutama perguruan tinggi akan lebih cocok jika menggunakan *framework* TOGAF.

Tabel 2.1: Perbandingan Empat Framework Arsitektur TI (Sessions, 2007)

CRITERIA	RATINGS			
	Zachman	TOGAF	FEA	Gartner
Taxonomy completeness	4	2	2	1
Process completeness	1	4	2	3
Reference-model guidance	1	3	4	1
Practice guidance	1	2	2	4
Maturity model	1	1	3	2
Business focus	1	2	1	4
Governance guidance	1	2	3	3
Partitioning guidance	1	2	4	3
Prescriptive catalog	1	2	4	2
Vendor neutrality	2	4	3	1
Information availability	2	4	2	1
Time to value	1	3	1	4
AVERAGE	1,42	2,58	2,58	2,42

2.2. SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE (SOA)

2.2.1. Definisi SOA

Pengertian *Service Oriented Architecture (SOA)* menurut James Bean dalam (Bean, 2010) adalah:

“A service-oriented architecture (SOA) is a combination of consumers and services that collaborate, is supported by a managed set of capabilities, is guided by principles, and is governed by supporting standards”

Service Oriented Architecture (SOA) merupakan sebuah kombinasi dari *consumers* dan *services* yang saling berkolaborasi, didukung oleh sekumpulan kemampuan, dipandu oleh prinsip-prinsip tertentu dan diatur dengan dukungan standar.

Sedangkan menurut (Hurwitz, Baroudi, Bloor, & Kaufman, 2006), SOA diartikan sebagai

“SOA is a new approach to building IT systems that allows businesses to leverage existing assets and easily enable the inevitable changes required to support the business.”

SOA adalah sebuah pendekatan baru dalam membangun sistem TI yang memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan aset yang ada dan dengan mudah melakukan perubahan yang dibutuhkan untuk mendukung bisnis.

Mike P. Papazoglou dan Willem-Jan Heuvel (Papazoglou & Heuvel, 2007) menyatakan bahwa

“Service-oriented architectures (SOA) is an emerging approach that addresses the requirements of loosely coupled, standards-based, and protocol-independent distributed computing.”

Service Oriented Architecture (SOA) merupakan sebuah pendekatan yang mensyaratkan sifat *loosely coupled*, berbasis standar, dan komputer terdistribusi yang tidak bergantung pada protokol tertentu.

Nicolai M. Josuttis dalam (Josuttis, 2007) mendefinisikan SOA sebagai

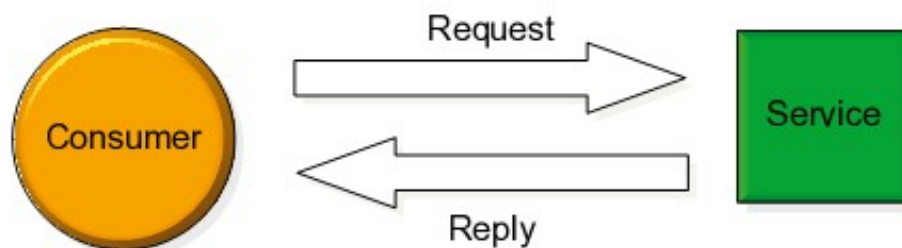
“SOA is an architectural paradigm for dealing with business processes distributed over a large landscape of existing and new heterogenous systems that are under the control of different owners”

SOA merupakan sebuah paradigma arsitektur yang berkaitan dengan proses bisnis terdistribusi dengan skala yang luas dari sebuah sistem yang beraneka ragam yang dikontrol oleh pemilik yang berbeda.

Dari beberapa definisi di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa SOA merupakan suatu pendekatan pembangunan aplikasi dengan melakukan kolaborasi antara *consumer* dan *service provider* yang didukung dengan adanya kemampuan, prinsip dan standardisasi yang dimiliki oleh SOA, memiliki fleksibilitas dan waktu reaksi yang singkat dalam memberikan tanggapan meskipun sistem memiliki arsitektur yang berbeda (*heterogonous systems*).

2.2.2. Komponen SOA

Berdasarkan definisi SOA yang dikemukakan oleh James Bean (Bean, 2010) di atas, komponen SOA terdiri dari dua bagian yaitu *consumers* dan *service providers*. Keduanya dapat saling berinteraksi satu sama lain. *Consumers* melakukan permintaan layanan (*request*) kepada *service providers* yang kemudian *service providers* memberikan tanggapan (*respons*) terhadap permintaan tersebut. Dalam SOA, komunikasi yang efektif antara *consumers* dan *service providers* sangat diperlukan dan secara langsung akan memengaruhi kualitas dari layanan yang diberikan.



Gambar 2.8: Interaksi *Consumer* dan *Services* pada SOA (Bean, 2010)

Baik *consumers* maupun *service providers* dapat berupa sebuah aplikasi, program atau sekumpulan fungsi dan keduanya dapat berada dalam suatu sistem yang sama maupun berbeda. Setiap kali *consumers*

memerlukan suatu layanan maka dapat mengirimkan permintaan ke *service providers* dan setiap kali *service providers* mendapat permintaan (*request*) dari *consumers* maka akan memberikan suatu tanggapan kembali ke *consumers*. Cara kerja SOA ini pada dasarnya sama dengan cara kerja aplikasi berbasis *web* (Solichin, 2008), dimana dalam aplikasi berbasis *web*, *web server* berfungsi sebagai *service provider* dan *client* atau *browser* berfungsi sebagai *consumer*.

Interaksi antara *consumers* dan *service providers* pada SOA juga dapat melalui suatu komponen penghubung (*intermediary*). Komponen penghubung dapat juga bertingkat sedemikian hingga antara *consumers* dan *service providers* tidak berhubungan secara langsung.



Gambar 2.9: Interaksi *Consumer* dan *Service Provider* dengan Perantara (Bean, 2010)

2.2.3. Prinsip Dasar SOA

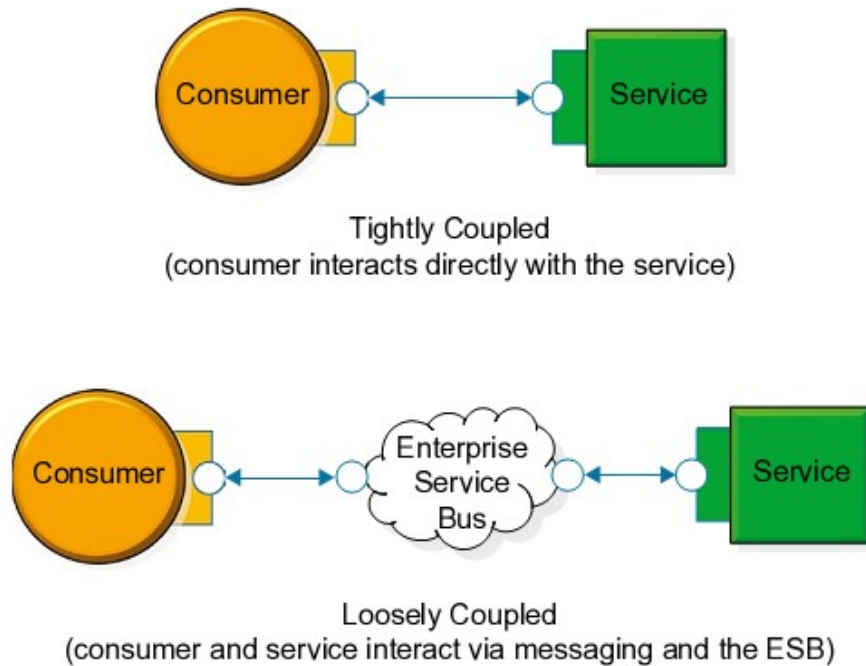
Dalam membangun arsitektur teknologi informasi dengan menggunakan konsep SOA, harus memenuhi beberapa prinsip dasar dari SOA itu sendiri. James Bean dalam (Bean, 2010) menjelaskan mengenai 5 (lima) prinsip dasar dari SOA, yaitu *Loose Coupling*, *Interoperability*, *Reusability*, *Discoverability* dan *Governance*.

2.2.3.1. Loose Coupling

Suatu aplikasi atau sistem yang bersifat *loose coupling* akan memberikan keleluasaan pada modul, komponen, fungsi maupun penggunaannya sedemikian sehingga antara komponen-komponen tersebut tidak bergantung satu dengan yang lainnya. Suatu komponen,

modul atau fungsi dapat ditambah atau dihilangkan tanpa mempengaruhi kinerja komponen yang lainnya. Model aplikasi seperti ini sangat baik karena akan tercipta fleksibilitas aplikasi yang tinggi. Sedangkan pada model arsitektur aplikasi yang bersifat *tightly coupled*, antar komponen dalam aplikasi berkaitan erat dan memiliki ketergantungan tinggi. Antara pengguna aplikasi (*consumers*) dan penyedia aplikasi (*services providers*) tergantung satu dengan yang lainnya.

Pengembangan aplikasi dengan prinsip *loosely coupled* memiliki beberapa keuntungan. Setiap komponen dalam aplikasi akan dengan mudah ditambahkan atau dihilangkan. Perubahan terhadap suatu komponen juga tidak terlalu mempengaruhi komponen yang lain, sehingga komponen yang lain masih tetap digunakan. Misalnya suatu perusahaan memiliki sistem HRD dan sistem *Payroll* yang *loosely coupled*. Kerusakan pada sistem HRD tidak akan mempengaruhi proses yang terjadi dalam sistem *Payroll*.



Gambar 2.10: *Tightly Coupled* dan *Loosely Coupled* (Bean, 2010)

2.2.3.2. Interoperability

Interoperability merupakan prinsip dari SOA yang sangat penting. Dengan prinsip ini memungkinkan beberapa aplikasi dapat saling berinteraksi tanpa dibatasi oleh berbagai *platform software* maupun arsitektur *hardware* (Mahmoud, 2005). Aplikasi juga tetap dapat saling berkomunikasi walaupun masing-masing menggunakan bahasa pemrograman, *database* dan sistem operasi yang berbeda.

Interoperability erat kaitannya dengan produk atau layanan. Agar produk maupun layanan dapat berinteraksi satu dengan yang lainnya maka masing-masing harus mematuhi suatu aturan (protokol) yang sama. Beberapa vendor besar seperti Microsoft, IBM maupun Oracle mengeluarkan produk SOA-nya masing-masing. Untuk menjamin interoperabilitas antar produk tersebut, dalam (Leavitt, 2008) dan (Simon, László, & Goldschmidt, 2008) diusulkan mengenai suatu

protokol standar WS-*. Dengan penerapan protokol standar, berbagai layanan dan aplikasi tetap akan dapat berkomunikasi walaupun berada di platform yang berbeda.

Selanjutnya dalam (Nezhad, Benatallah, Casati, & Toumani, 2006) dijelaskan secara lebih rinci mengenai spesifikasi dari interoperabilitas layanan SOA (*web services*). Dalam spesifikasi tersebut diusulkan juga mengenai penggunaan protokol *XML (eXtensible Markup Language)* sebagai bahasa standar komunikasi antar komponen,

2.2.3.3. Reusability

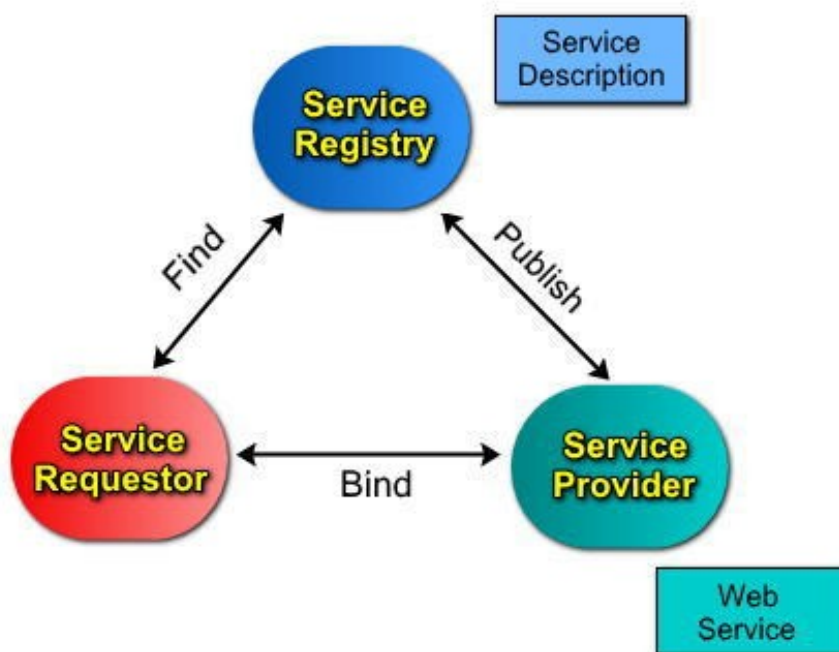
Reusability merupakan prinsip SOA yang memungkinkan suatu layanan dapat digunakan kembali di masa mendatang. Dengan demikian, layanan harus dirancang bukan hanya untuk kebutuhan sekali pakai, namun untuk pemakaian yang berulang-ulang. Layanan tersebut dapat juga digunakan kembali dalam pengembangan layanan baru, tanpa harus membangunnya dari awal.

Amazon Web Services (AWS) merupakan salah satu contoh layanan berbasis SOA yang menyediakan berbagai modul dalam bentuk API (Application Program Interface). Modul tersebut dapat digunakan oleh berbagai aplikasi lain dengan mudah, sehingga menghasilkan aplikasi baru.

2.2.3.4. Discoverability

Layanan berbasis SOA harus mudah ditemukan oleh pengguna merupakan salah satu prinsip yang cukup penting. Jika layanan tidak dapat ditemukan dengan mudah maka layanan tersebut tidak akan bermanfaat bagi pengguna dan layanan menjadi kurang efektif.

Agar mudah ditemukan, suatu layanan dapat dipublikasikan melalui suatu *service registry* yang berisi daftar layanan beserta spesifikasinya (Bean, 2010) (Brittenham, 2002). *Service registry* umumnya dipublikasikan di internet, sehingga pengguna (*service requestor*) dengan mudah dapat menemukannya. Hubungan antara *service registry*, *service requestor* dan *service provider* secara singkat dapat terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.11: Hubungan antara *Service Provider*, *Service Requestor* dan *Service Registry* (Brittenham, 2002)

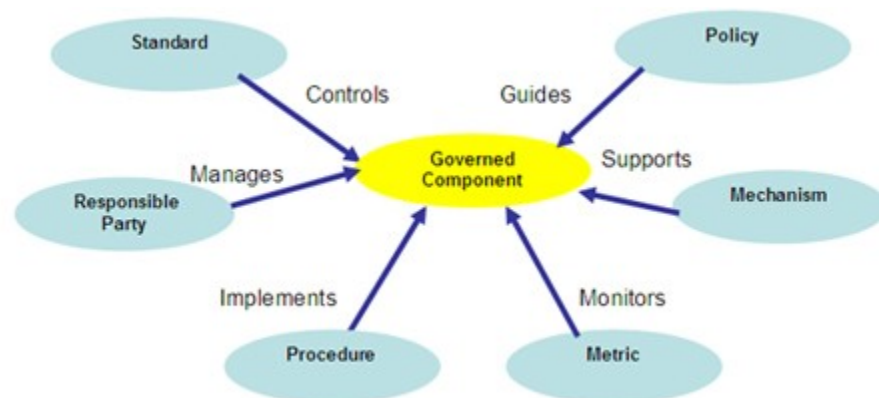
2.2.3.5. Governance

SOA Governance merupakan proses yang mengawasi dan mengontrol penerapan SOA agar sesuai dengan prinsip dasar dari SOA itu sendiri. *Governance* berkaitan dengan peraturan yang akan memastikan layanan dalam SOA berjalan dengan benar. Jadi penerapan SOA tanpa *governance* yang baik tidak akan efektif walaupun sudah memenuhi prinsip *loosely coupled*, *interoperability*, *reusability* dan

discoverability. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Anne Thomas Manes dari Burton Group dalam (Windley, 2006),

“Doing lots of little Web services projects all over the place with no governance isn’t SOA, it’s just playing”.

Menurut Robert G. Laird dalam (Laird, 2009), komponen-komponen SOA *governance* terdiri dari beberapa entitas. *Governance* dituntun oleh aturan-aturan (*policies*), dikontrol oleh standar-standar (*standards*), diatur oleh pihak-pihak yang bertanggung jawab, diterapkan oleh beberapa prosedur, didukung oleh mekanisme dan diawasi oleh sekumpulan ukuran. Selengkapnya digambarkan dalam gambar berikut ini.



Gambar 2.12: *SOA Governance Paradigm* (Laird, 2009)

2.2.4. Kelebihan dan Kekurangan SOA

Dari penjelasan mengenai *Service Oriented Architecture* di atas, SOA memiliki kelebihan maupun kekurangan. Kelebihan penerapan SOA bagi perusahaan maupun institusi antara lain:

- a. Biaya dan risiko pengembangan aplikasi menjadi lebih rendah dengan adanya prinsip *reusability* dari SOA. Penggunaan layanan-layanan

yang sudah tersedia tentu akan menghemat biaya, jika dibanding harus membangun layanan dari awal. Kemampuan *reusability* dari SOA juga mendorong terciptanya aplikasi-aplikasi baru yang memanfaatkan layanan yang sudah tersedia. Misalnya suatu *website* dapat menyajikan produk dari berbagai *website* lain seperti Amazon dan Ebay.

- b. Perawatan layanan akan menjadi lebih mudah. Layanan yang bersifat *loosely coupled* akan memudahkan dalam mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada suatu layanan. Permasalahan yang terjadi tidak akan mempengaruhi ketersediaan layanan lain.
- c. Proses penyajian layanan untuk penggunaannya akan lebih cepat.
- d. Dengan kemampuan *interoperability* dari SOA, maka integrasi dengan sistem atau layanan lain akan lebih cepat dan mudah. Proses integrasi juga tidak bergantung pada sistem operasi, bahasa pemrograman maupun *platform* yang digunakan.

Di samping kelebihan, SOA juga memiliki kekurangan, yaitu:

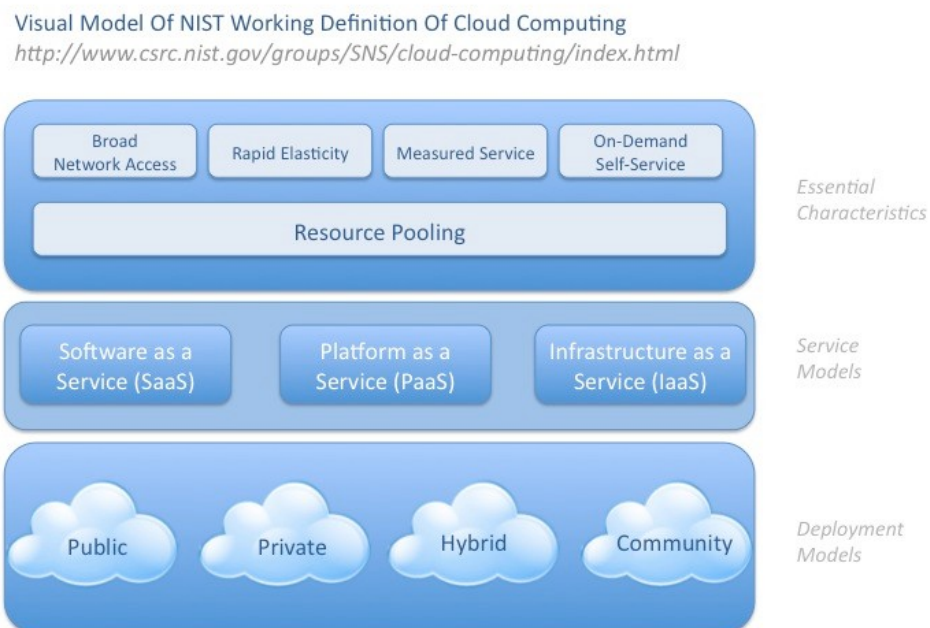
- a. Sulitnya mendapatkan layanan SOA yang terpercaya, sehingga prinsip *reusability* akan sulit dipenuhi.
- b. Perubahan yang terjadi pada layanan SOA dapat mempengaruhi seluruh layanan yang menggunakannya (*consumers*).

2.3. CLOUD COMPUTING

2.3.1. Definisi *Cloud Computing*

Berbagai definisi mengenai *cloud computing* banyak diungkapkan oleh para ahli dan peneliti (Geelan, 2009), (Joyent, 2008). Peter Mell dan Tim Grance dari *National Institute of Standards and Technology* (NIST), *Information Technology Laboratory* mendefinisikan *cloud computing* sebagai

“*Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model promotes availability and is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models.*” (Mell & Grance, 2009).



Gambar 2.13: Model Visual dari Definisi *Cloud Computing* menurut NIST (CSA, 2009)

Cloud computing merupakan suatu model yang mempermudah ketersediaan dan konfigurasi layanan baik berupa perangkat lunak, jaringan, *server*, media penyimpanan maupun aplikasi. Suatu layanan dapat dipasang dan dihilangkan dengan mudah. Model *cloud computing* memiliki lima karakteristik utama yaitu:

1. ***On-demand self-service***. Konsumen dapat mengatur kemampuan dan konfigurasi layanan, seperti waktu *server* dan media penyimpanan

dengan mudah dan tanpa mengganggu ketersediaan layanan bagi konsumen lainnya. CPanel (CPanel, 2010) merupakan salah satu produk yang menyediakan kemudahan akses dan pengaturan bagi konsumen suatu *web hosting*. Dengan cPanel, konsumen dengan mudah mengatur, menambahkan dan menghilangkan suatu fitur dari *server hosting*-nya.

2. **Broad network access.** Kemampuan layanan tersedia di seluruh jaringan dan dapat diakses melalui mekanisme standar dari berbagai *platform client*, seperti *handphone*, *laptop*, *PDA* dan *PC*. Layanan berbasis *cloud computing* harus memiliki interoperabilitas sehingga dapat diakses dari berbagai sistem dan *platform* yang dimiliki oleh konsumen. Karakteristik ini juga sejalan dengan salah satu prinsip dasar dari *service oriented architecture (SOA)* yang disebutkan dalam (Bean, 2010) yaitu *interoperability*.
3. **Resource pooling.** Sumber daya dari layanan berbasis *cloud computing* tersedia dan terdistribusi untuk beberapa pengguna (*multi user*) menggunakan model *multi-tenant*. Pengguna tidak perlu mengetahui lokasi dari sumber daya tersebut. Model arsitektur *multi-tenant* merupakan suatu arsitektur yang dapat digunakan oleh beberapa pengguna secara simultan. Pengguna dapat berupa pengguna individu dan dapat berupa perusahaan. Dalam arsitektur *multi-tenant*, sumber daya dapat dibangun terpisah secara fisik maupun terpisah secara logis.
4. **Rapid elasticity.** Kemampuan layanan dapat secara cepat dan fleksibel tersedia (dapat juga secara otomatis), dapat juga ditambah dan dikurangi secara cepat. Bagi pengguna, kemampuan layanan dapat tersedia secara tak terbatas dan dapat diminta kapan pun dibutuhkan. Google docs dan Box.Net merupakan contoh *provider* yang menyediakan layanan penyimpanan dokumen secara online berbasis

cloud computing. Keduanya menawarkan pendaftaran secara gratis bagi penggunanya, namun dengan kapasitas terbatas. Jika pelanggan memerlukan tambahan kapasitas, maka dapat mengajukan penambahan kapasitas dengan membayar sejumlah biaya tertentu. Penambahan kapasitas dapat dilakukan sendiri oleh pelanggan.

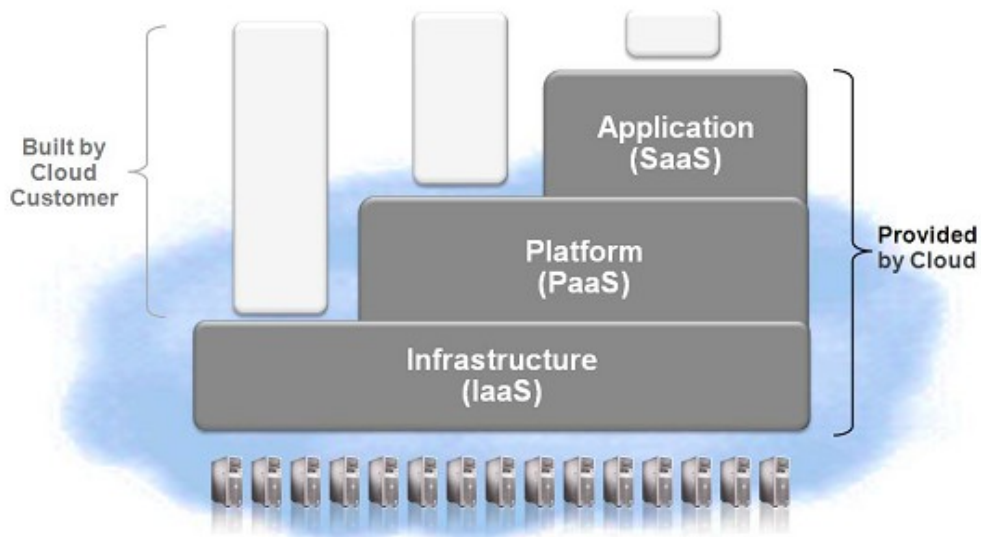
5. ***Measured Service***. Sistem berbasis *cloud computing* dapat secara otomatis mengontrol dan melakukan optimasi terhadap sumber daya yang tersedia misalnya penyimpanan, proses, *bandwidth*. Penggunaan sumber daya dapat dikontrol baik oleh pengguna maupun penyedia layanan. Pengguna dan penyedia layanan juga dapat dengan mudah memperoleh laporan kondisi sumber daya sistem.

Pengertian *cloud computing* menurut (Buyya, Shin, Venugopal, Broberg, & Brandic, 2009),

“A Cloud is a type of parallel and distributed system consisting of a collection of inter-connected and virtualized computers that are dynamically provisioned and presented as one or more unified computing resource(s) based on service-level agreements established through negotiation between the service provider and consumers”.

Dalam definisi yang diungkapkan di atas, ditekankan konsep *distributed system (grid computing)* dan *virtualization*. Dalam *distributed system*, terjadi pembagian tugas dalam menjalankan suatu proses. Sebagai contoh dalam proses pencarian di mesin pencari, seperti Google. Saat pengunjung melakukan pencarian, maka mesin pencari akan membagi tugas pencarian ke dalam beberapa mesin (prosesor), sehingga hasil pencarian akan dihasilkan lebih cepat.

Dilihat dari sisi modelnya, *cloud computing* dapat dibagi menjadi 3 (tiga) model yaitu *Software as a Service (SaaS)*, *Platform as a Service (PaaS)* dan *Infrastructure as a Services (IaaS)* (OracleWhitePaper, 2009a), (Li et al., 2009).



Gambar 2.14: Model Pengembangan *Cloud Computing* (OracleWhitePaper, 2009a)

1. Model *Software as a Service (SaaS)*. Pada model ini, pengguna dapat menggunakan suatu aplikasi atau perangkat lunak yang berada dalam infrastruktur berbasis *cloud*. Aplikasi dapat diakses melalui berbagai perangkat kecil seperti *browser* web. Dalam model ini, pengguna tidak dapat mengatur atau mengontrol jaringan, *server*, sistem operasi, penyimpanan, serta fungsi lainnya yang tidak disediakan oleh aplikasi yang bersangkutan. Contoh dari model *cloud* ini adalah Google Docs, Salesforce dan Zoho.
2. Model *Platform as a Service (PaaS)*. Pada model *cloud computing* ini, pengguna dapat membangun sendiri aplikasi yang diperlukan menggunakan bahasa pemrograman yang sudah disediakan. Namun demikian, pengguna tidak dapat mengatur dan mengontrol

infrastruktur lainnya seperti jaringan, *server*, sistem operasi dan media penyimpanan. Pengguna hanya dapat mengatur konfigurasi yang berhubungan dengan aplikasi yang dibuat. Contoh dari jenis layanan *cloud computing* ini adalah Google Apps dan Microsoft Azure.

3. Model *Infrastructure as a Service (IaaS)*. Pengguna memiliki kendali penuh terhadap pengaturan prosesor, media penyimpanan, jaringan dan sumber daya lainnya. Konsumen juga dapat menambahkan aplikasi, perangkat lunak dan fungsionalitas lainnya dari layanan. Contoh dari model ini adalah Amazon *Elastic Compute Cloud (EC2)* dan *Amazon Simple Storage Services (Amazon S3)*

Dari sisi pengembangannya, *cloud computing* terdiri dari 4 (empat) model, yaitu:

1. *Private cloud*. Bentuk pengembangan infrastruktur ini hanya terbatas pada perusahaan atau organisasi tertentu. Layanan dalam *cloud* hanya dapat diakses oleh perusahaan yang bersangkutan. Infrastruktur *Cloud* juga dapat disediakan oleh perusahaan lain yang menjadi rekanan perusahaan.
2. *Community cloud*. Infrastruktur cloud jenis ini dapat diakses oleh beberapa organisasi dan didukung oleh komunitas tertentu, misalnya untuk keperluan militer, pemerintah dan sebagainya. Letak dari infrastruktur *cloud* dapat di dalam perusahaan maupun di pihak ketiga.
3. *Public cloud*. Infrastruktur *cloud* tersedia secara umum dan dapat diakses oleh pihak manapun baik personal maupun perusahaan. Contoh penyedia layanan ini adalah Amazon dan Google. Pelanggan akan membayar sejumlah biaya ke penyedia layanan sesuai dengan kapasitas dan jumlah layanan yang digunakannya.
4. *Hybrid cloud*. Pada model layanan *cloud* ini, infrastruktur dapat terdiri dari gabungan antara *private*, *community* maupun *public cloud*.

2.3.2. *Framework* Arsitektur Teknologi Informasi berbasis *Cloud Computing*

Secara singkat, teknologi *cloud computing* bergantung pada beberapa teknologi kunci yaitu teknologi *virtualization* dan *service oriented architecture (SOA)* (Zhang & Zhou, 2009) serta teknologi *grid computing* (Buyya, Shin, Venugopal, Broberg, & Brandic, 2009). Teknologi *virtualization* mengatur bagaimana replikasi (*images*) dari sistem operasi, *middleware* dan aplikasi disediakan dan dialokasikan pada mesin fisik sesuai dengan lokasi yang benar. Replikasi tersebut dapat dengan mudah dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi yang lainnya kapan pun tanpa mengganggu jalannya proses yang lain. Konsep *virtualization* akan menghemat penggunaan lisensi dari sistem operasi, *middleware* atau aplikasi lainnya. Contoh penerapan teknologi ini dapat ditemukan dalam layanan *virtual private server hosting*. Dalam layanan *hosting* tersebut, beberapa *client* yang menyewa jasa *web hosting* dapat ditempatkan dalam satu server yang sama, namun masing-masing *client* dapat mengatur konfigurasi *server* dan perangkat lunak di dalamnya tanpa mempengaruhi *client* yang lainnya. Jadi seolah-olah setiap *client* memiliki *server*-nya masing-masing.

Sedangkan SOA (*service oriented architecture*) merupakan evolusi dari sebuah arsitektur sistem atau perangkat lunak yang mengutamakan prinsip *loosely coupling*, *interoperability*, *reusability* dan *discoverability* (Bean, 2010). Untuk membangun skalabilitas dari *platform cloud computing*, diperlukan peran dari SOA tersebut sehingga setiap komponen dalam *cloud computing* dapat digunakan kembali (*reusable*), dapat berkomunikasi tanpa terhambat oleh *platform* dan sistem (*interoperability*) serta dapat ditambahkan atau dikurangi dengan mudah (*loosely coupling*).

Saat ini banyak *framework* pemodelan arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* yang diusulkan oleh para ahli, peneliti maupun vendor besar seperti Oracle, IBM dan Microsoft. Namun sebagian besar

framework tersebut belum bersifat standar karena masih bergantung pada platform yang digunakan.

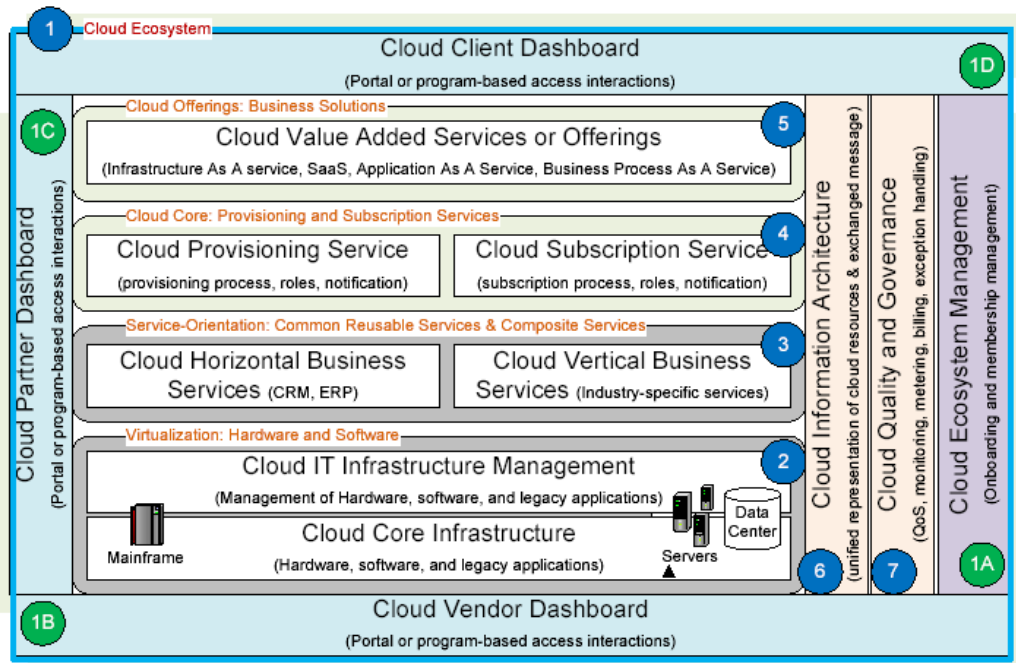
2.3.2.1. CLOUD COMPUTING OPEN ARCHITECTURE (CCOA)

Cloud Computing Open Architecture (CCOA) merupakan salah satu model arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* yang pertama kali diusulkan oleh Liang-Jie Zhang dan Qun Zhou pada tahun 2009 (Zhang & Zhou, 2009).

Cloud Computing Open Architecture (CCOA) memiliki tiga tujuan utama yang akan membantu institusi dalam mengembangkan arsitektur yang baik untuk *cloud computing*. Tujuan pertama adalah mencari jalan untuk menciptakan suatu *platform* yang *scalable* dan *configurable* untuk *cloud computing*. Tujuan kedua adalah untuk mengusulkan kumpulan layanan umum yang akan di-*share* dan disediakan untuk pengguna. Dan tujuan yang ketiga adalah untuk memaksimalkan potensi nilai bisnis dari infrastruktur *cloud computing*.

Cloud Computing Open Architecture (CCOA) memiliki 7 (tujuh) prinsip. Ketujuh prinsip tersebut mengadopsi 7 prinsip dalam standar *OSI (Open System Interface)* (Zimmermann, 1980) yang sudah menjadi standar dalam pengembangan infrastruktur jaringan komputer.

Ketujuh prinsip dalam CCOA terangkum dalam gambar di bawah ini:



Gambar 2.15: *Cloud Computing Open Architecture Diagram* (Zhang & Zhou, 2009)

Prinsip 1: *Integrated Ecosystem Management for Cloud*

Arsitektur yang dibangun harus dapat terintegrasi dan mendukung sepenuhnya lingkungan manajemen perusahaan. Lingkungan manajemen yang dimaksud tidak hanya meliputi lingkungan internal perusahaan namun juga lingkungan yang berkenaan dengan *vendor*, rekanan dan pengguna dari layanan *cloud*. Masing-masing *stakeholder* yang berhubungan dengan penyediaan layanan dalam arsitektur berbasis *cloud computing* harus dapat dengan mudah mengatur, memonitor, mengawasi dan menggunakan layanan tersebut.

Sesuai dengan diagram model CCOA di atas, pada sisi *client* (*user*) terdapat komponen *cloud client dashboard* yang disediakan untuk mempermudah pengguna dalam mengatur ketersediaan layanan yang diinginkannya. *Cloud client* dapat menambahkan atau

mengurangi layanan sesuai dengan kebutuhannya dengan mudah dan cepat.

Pada sisi *vendor* atau penyedia layanan *cloud* terdapat *cloud vendor dashboard* yang akan dengan mudah mengatur dan mengontrol layanan yang ditawarkan. Permintaan layanan oleh *client* juga dapat dengan mudah terdeteksi dan terlayani. *Cloud vendor* dapat mengetahui dengan mudah ketersediaan sumber daya dalam arsitektur *cloud computing*.

Sedangkan dari sisi *cloud partner*, *dashboard* berguna untuk mempermudah pihak yang bersangkutan dalam menyediakan komponen-komponen atau layanan-layanan baru yang diperlukan oleh *cloud vendor*.

Prinsip 2: *Virtualization for Cloud Infrastructure*

Prinsip yang kedua dari CCOA adalah teknologi *virtualization* dalam pengaturan infrastruktur. *Virtualization* terdiri dari dua jenis, yaitu *virtualization* dari segi *hardware* (perangkat keras) dan *virtualization* dari sisi *software* (perangkat lunak). Penerapan teknologi *virtualization* akan menjadikan penambahan *hardware* dan *software* dapat dengan mudah dilakukan tanpa mengganggu proses secara keseluruhan.

Prinsip 3: *Service-Orientation for Common Reusable Services*

Pada bagian ini, diatur berbagai layanan yang ditawarkan. Layanan terdiri dari dua jenis, yaitu *cloud horizontal business services* yang terdiri dari berbagai layanan yang dapat menyederhanakan kompleksitas dari aplikasi *middleware*, *database* dan *tools*. Contoh layanan dalam jenis ini antara lain layanan untuk *monitoring*, *billing tool*, dan *customer relationship management (CRM)*.

Sedangkan jenis layanan yang kedua yaitu *cloud vertical business services* yang meliputi layanan yang berkenaan dengan lingkungan luar, seperti layanan untuk pengiriman dan pembayaran.

Prinsip 4: *Extensible Provisioning and Subscription for Cloud*

Prinsip keempat dari CCOA mengatur layanan *provisioning* dan *subscription*. Kedua layanan ini sangat penting untuk mengatur dan mengukur penggunaan layanan oleh *client*.

Prinsip 5: *Configurable Enablement for Cloud Offerings*

Prinsip kelima berhubungan dengan layanan kemudahan dalam pengaturan keseluruhan infrastruktur.

Prinsip 6: *Unified Information Representation and Exchange Framework*

Pertukaran informasi dan komunikasi antar komponen dalam infrastruktur *cloud computing* menjadi sangat penting karena tanpa adanya prinsip ini keseluruhan infrastruktur tidak dapat berjalan dengan baik. Protokol standar yang digunakan dalam bagian ini adalah *XML (eXtensible Markup Language)*, *RDF (Resource Description Framework)* dan *WSRF (Web Services Resource Framework)*.

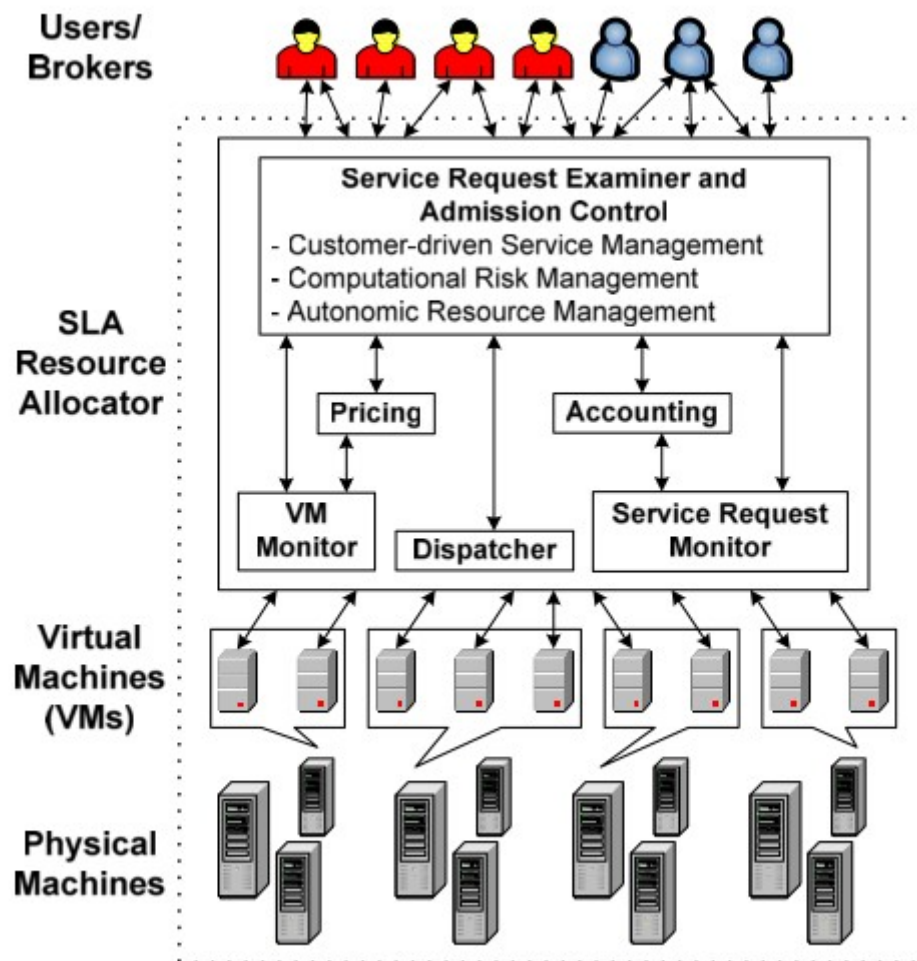
Prinsip 7: *Cloud Quality and Governance*

Seperti sudah disebutkan dalam prinsip dasar SOA di atas, *cloud quality* dan *governance* memiliki peran yang penting dalam menjamin kualitas dan ketersediaan layanan dalam *cloud computing*.

2.3.2.2. MARKET-ORIENTED CLOUD ARCHITECTURE

Market-Oriented Cloud Architecture merupakan *framework* pengembangan arsitektur TI berbasis *cloud computing* yang mengutamakan kebutuhan pengguna (Buyya, Yeo, & Venugopal, 2008).

Framework ini memberikan kemudahan bagi penggunanya untuk mengatur kebutuhannya sendiri. Karena berorientasi pada pengguna (market), maka penyedia layanan harus dapat menjamin QoS sesuai dengan kebutuhan setiap pengguna dalam bentuk *SLA* (*service-level agreements*).



Gambar 2.16: *High-level Market Oriented Cloud Architecture*

(Buyya, Yeo, & Venugopal, 2008)

Kebutuhan pengguna yang berbeda menuntut penerapan manajemen sumber daya yang dinamis dan juga berorientasi pada pengguna. Dalam (Buyya, Abramson, & Venugopal, 2005) diusulkan

penggunaan *market-oriented resources management* untuk mengatur ketersediaan sumber daya sesuai dengan kebutuhan pengguna yang berbeda-beda.

Seperti terlihat pada gambar, terdapat empat komponen yang menjadi bagian dari *market-oriented cloud architecture*.

- ***User/Brokers***. User atau brokers merupakan pengguna layanan *cloud computing* yang dapat melakukan permintaan layanan ke *cloud provider* sesuai kebutuhannya.
- ***SLA Resource Allocator***. Komponen ini merupakan bagian penting dari *framework* arsitektur ini. *SLA Resource Allocator* bertugas memeriksa dan mengontrol permintaan layanan dari pengguna (*user*) sebelum layanan tersebut dipenuhi atau ditolak. *SLA Resource Allocator* juga mengatur harga layanan, memonitor *virtual machine* hingga pembayaran yang dilakukan oleh pengguna.
- ***Virtual Machine***. *Virtual Machine* dapat diaktifkan ketika terdapat permintaan dari pengguna dan dapat dinon-aktifkan jika diperlukan secara otomatis. Proses tersebut dikontrol oleh salah satu mesin fisik.
- ***Physical Machine***. *Physical machine* merupakan mesin fisik yang menjadi sumber daya utama dari layanan *cloud*. Mesin fisik dapat berfungsi sebagai server basis data, aplikasi dan fungsi lain yang diperlukan dalam memenuhi permintaan layanan oleh pengguna.

2.3.3. Kelebihan dan Tantangan *Cloud Computing*

Arsitektur teknologi informasi yang berbasis *cloud computing* memiliki beberapa kelebihan. Namun kelebihan paling utama dari penerapan *cloud computing* adalah pengurangan biaya. Pengurangan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan yang menggunakan layanan berbasis *cloud computing* dapat terjadi karena perusahaan tidak memerlukan

investasi untuk pembangunan infrastruktur sendiri namun cukup membayar sewa atas infrastruktur atau layanan yang dibutuhkan saja.

Demikian juga dalam hal software atau aplikasi. Perusahaan tidak perlu membangun software atau aplikasi dari awal yang tentunya akan memakan biaya yang tidak sedikit. Perusahaan dapat memanfaatkan software atau aplikasi yang sudah tersedia dan sudah dikembangkan oleh *application provider*. Perusahaan juga tidak perlu membeli software dan menginstall-nya di server milik perusahaan, karena semua sudah dilakukan oleh *application provider*. Perusahaan cukup membayar uang sewa atas software, aplikasi atau penyimpanan yang digunakan (*pay as you go*).

Dalam dunia pendidikan, pemanfaatan *cloud computing* juga akan menghemat biaya penyelenggaraan pendidikan. Sebagai ilustrasi, bahwa di setiap perguruan tinggi tentu memerlukan aplikasi atau sistem akademik untuk membantu proses yang berhubungan dengan akademik. Sistem informasi akademik di setiap perguruan tinggi pada dasarnya memiliki karakteristik dan fitur yang sama, sehingga pihak tertentu (pemerintah atau swasta) dapat menjadi *provider* sistem informasi akademik. Setiap perguruan tinggi dapat menggunakan sistem informasi akademik tersebut dengan mudah dan murah.

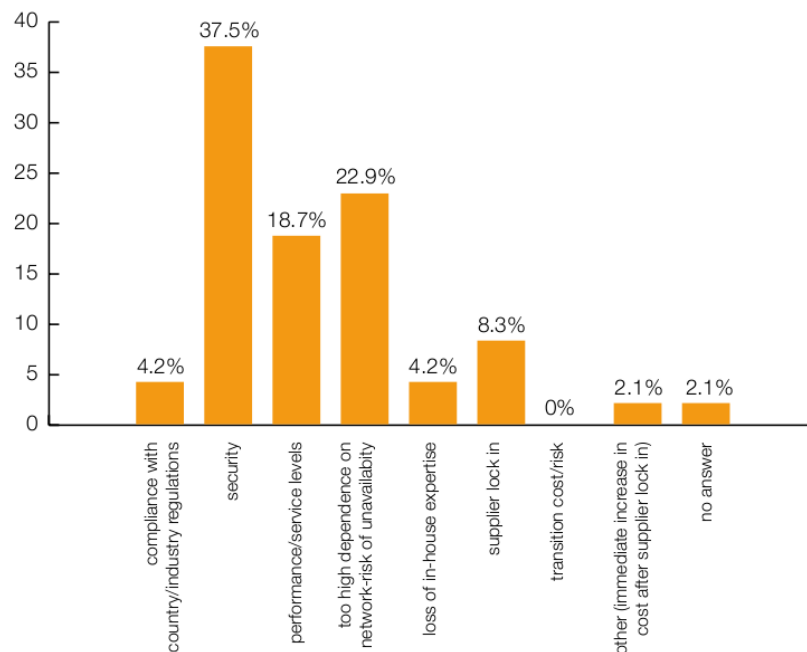
Selain lebih murah, *cloud computing* juga memiliki kelebihan dari sisi skalabilitas komponen di dalamnya. Skalabilitas dapat ditambahkan secara vertikal maupun horizontal. Penambahan skalabilitas secara vertikal artinya menambah kemampuan suatu komponen, misalnya menambah kemampuan prosesor atau *memory*. Sedangkan penambahan skalabilitas secara horizontal artinya menambah jumlah perangkat, seperti menambah jumlah server. Penambahan jumlah server dapat memanfaatkan teknologi *grid computing*.

Selain kelebihan yang dimiliki oleh *cloud computing*, masih terdapat beberapa tantangan yang perlu dipecahkan dalam penerapan *cloud computing*. Dalam *white paper* (Spirent, 2010) disebutkan terdapat empat tantangan yang terangkum dalam singkatan "PASS", yaitu *Performance*,

Avaibility, Security dan Scalability. Performance atau kemampuan dari layanan berbasis *cloud computing* menjadi tantangan utama. Penyedia layanan *cloud computing* harus dapat menjamin bahwa layanan yang diberikan memiliki kemampuan yang sama atau lebih baik dibanding jika harus menggunakan layanan yang lain. Sedangkan dari sisi *avaibility* suatu layanan, *cloud computing* dapat menawarkan solusi ketersediaan layanan yang ideal terutama dengan pemanfaatan teknologi *grid* dalam *cloud computing*.

Keamanan dan privasi dari layanan *cloud computing* menjadi tantangan yang cukup besar bagi penerapan teknologi *cloud computing*. Perusahaan akan merasa aman dan nyaman jika terdapat jaminan bahwa data perusahaan tersimpan dengan aman. Oleh karena itu, sangat penting bagi perusahaan untuk memperhatikan *service level agreement (SLA)* yang ditawarkan oleh penyedia layanan *cloud computing*. Hal ini juga menjadi tantangan bagi penyedia layanan *cloud computing* untuk menyediakan SLA yang baik dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Bagi pengguna layanan *cloud computing*, masalah keamanan menjadi perhatian utama. Bahkan menurut hasil survey dari perusahaan Equant & Orange Bussiness, sebanyak 37,5% responden memilih permasalahan keamanan (*security*) menjadi hal yang paling perlu diperhatikan dalam penerapan *cloud computing* (OrangeBusiness, 2010). Permasalahan berikutnya yang perlu diperhatikan adalah permasalahan ketersediaan jaringan atau network yaitu sebanyak 22,9%. Hal tersebut membuktikan bahwa, tanpa jaminan keamanan dari penyedia layanan *cloud computing*, maka perusahaan atau organisasi akan enggan berpindah ke teknologi *cloud computing*.



Gambar 2.17: Hasil Survey tentang Perhatian Utama Perusahaan dalam Penerapan *Cloud Computing* (OrangeBusiness, 2010)

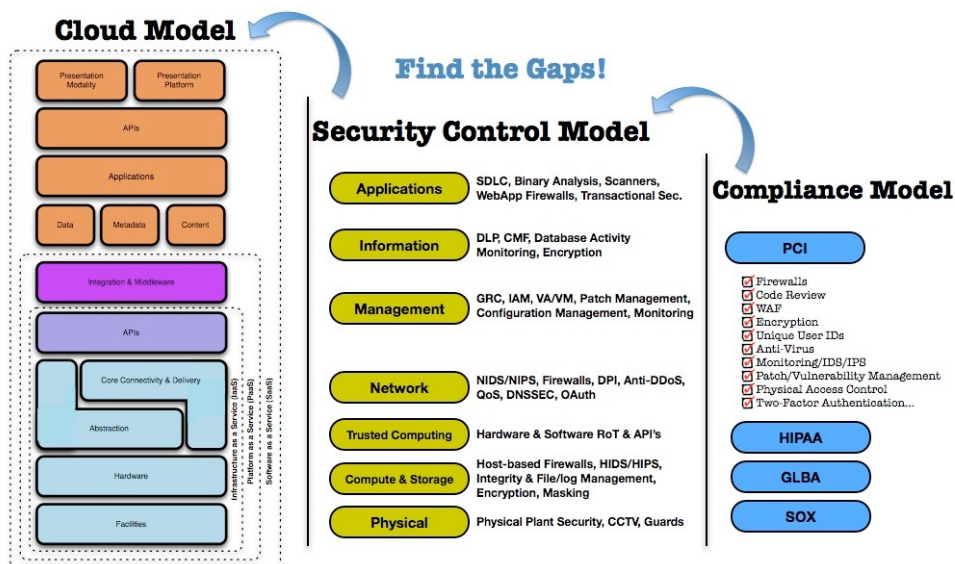
Menurut Gartner dalam (Jon Brodtkin, 2008), terdapat tujuh hal yang menjadi risiko keamanan dalam penerapan *cloud computing* bagi perusahaan. Ketujuh hal tersebut dapat digunakan sebagai acuan dan perhatian bagi perusahaan yang akan beralih ke *cloud computing*.

1. Masalah hak akses terhadap data. Dengan beralih ke *cloud computing*, berarti beberapa data perusahaan harus diletakkan di dalam *cloud*. Hal tersebut tentu menjadi suatu hal yang perlu mendapat perhatian penuh dari perusahaan. Perusahaan harus benar-benar mendapatkan jaminan bahwa perusahaan dapat mengakses penuh data yang dimilikinya secara mudah dan cepat. Demikian juga di lingkungan perguruan tinggi, masalah akses terhadap data dapat menjadi penghambat penerapan arsitektur *cloud computing* jika setiap perguruan tinggi tidak bersedia berbagi akses terhadap data yang dimilikinya.
2. Permasalahan prosedur. Data yang berada di pihak ketiga yaitu *cloud provider* tentu tidak mudah diakses oleh pihak perusahaan. Perlu

prosedur tertentu untuk mengakses data. Prosedur tersebut harus dengan jelas didefinisikan agar kedua belah pihak dapat saling memahami. Oleh karena itu, jika perguruan tinggi ingin menerapkan *cloud computing*, maka pemerintah harus menetapkan prosedur yang jelas mengenai akses terhadap data.

3. Lokasi data. Jika perusahaan akan menerapkan *cloud computing*, maka lokasi penyimpanan data akan diserahkan ke *cloud provider*. Data dapat berada di lokasi yang tersembunyi dan tidak mudah diketahui oleh pihak luar. Antara perusahaan dan *cloud provider* harus terjadi kesepakatan dan kepercayaan mengenai lokasi data tersebut.
4. Pemisahan data. Data di *cloud provider* pada umumnya diletakkan bersama-sama dengan data dari perusahaan atau pelanggan lainnya. Oleh karena itu, permasalahan keamanan data harus diperhatikan kedua belah pihak. Enkripsi data tidak menjamin keamanan data secara penuh. Perusahaan perlu meminta penjelasan kepada *cloud provider* dalam hal teknik penyimpanan datanya.
5. *Recovery*. Karena perusahaan tidak mengetahui lokasi penyimpanan data oleh *cloud provider*, maka perusahaan harus mendapatkan informasi yang jelas mengenai prosedur yang akan dilakukan jika terjadi kerusakan data. *Cloud provider* harus menerapkan proses perencanaan terjadinya kerusakan atau bencana (*disaster recovery plan*).
6. Dukungan terhadap investigasi data. Ada kalanya perusahaan memerlukan investigasi terhadap data lebih lanjut, misalnya pada saat terjadi pencurian data. Perusahaan dan penyedia layanan (*cloud provider*) harus secara jelas menyepakati mengenai prosedur investigasi terhadap data milik perusahaan.
7. Jaminan ketersediaan layanan. Dalam jangka panjang, perusahaan harus mendapatkan jaminan dari *cloud provider* mengenai ketersediaan layanan.

Jika dilihat dari sisi *cloud provider* atau penyedia layanan berbasis *cloud*, permasalahan keamanan juga harus benar-benar diperhatikan. Keamanan dalam *cloud computing*, menyangkut banyak komponen mulai dari komponen fisik, lingkungan hingga komponen perangkat lunak. Menurut (CSA, 2009), terdapat 7 (tujuh) komponen keamanan yang harus diperhatikan dalam layanan berbasis *cloud computing*. Ketujuh komponen tersebut adalah keamanan secara fisik, komputasi dan penyimpanan, *trusted computing*, jaringan, manajemen, informasi dan aplikasi.



Gambar 2.18: *Cloud Security Model* (CSA, 2009)

Masing-masing komponen tersebut memiliki cara pengamanannya masing-masing. Misalnya pada komponen fisik seperti keamanan perangkat *server* maka perlu diamankan dengan penjagaan oleh petugas keamanan (*security*), pemasangan CCTV atau pengisolasian ruangan. Sedangkan untuk mengamankan jaringan, dapat menggunakan *firewall* atau perangkat anti serangan lainnya.

2.4. GRID COMPUTING

2.4.1. Definisi *Grid Computing*

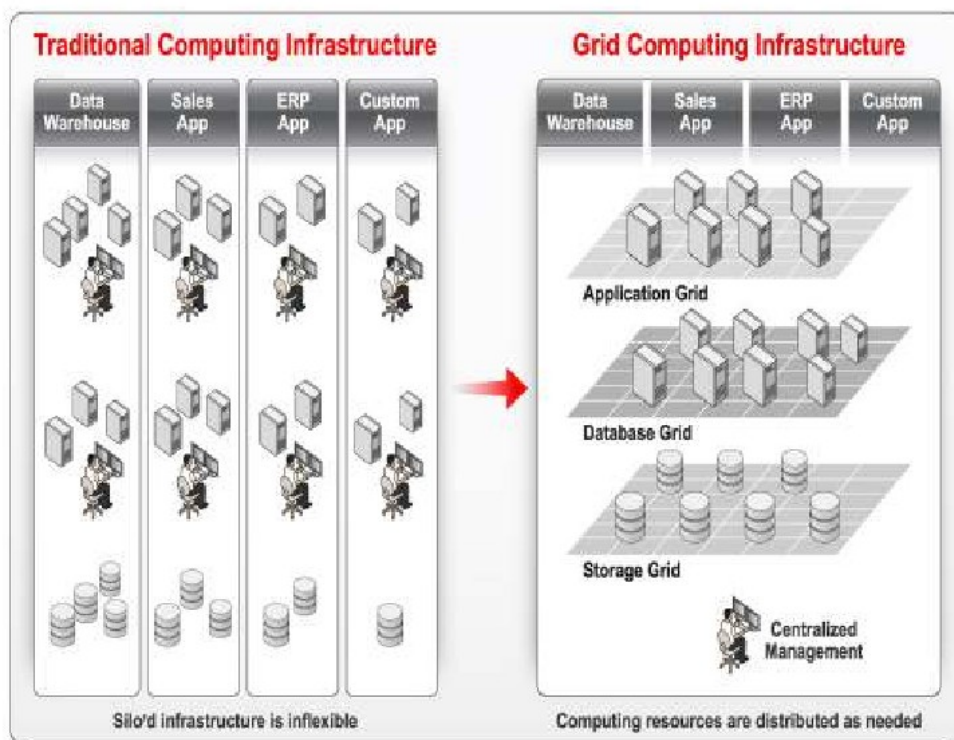
Grid computing merupakan teknologi yang mulai berkembang di tahun 1990-an. Hingga saat ini, teknologi ini masih terus dikembangkan dan menjadi salah satu dasar terbentuknya konsep *cloud computing*. Beberapa ahli mengungkapkan definisi dari *grid computing*, antara lain menurut Carl Kesselman dan Ian Foster dalam (Kesselman & Foster, 1999):

“A computational grid is a hardware and software infrastructure that provides dependable, consistent, pervasive, and inexpensive access to high-end computational capabilities.”

Sebuah proses komputasi berbasis *grid* atau *grid computing* merupakan sebuah infrastruktur perangkat keras dan lunak yang menyajikan kehandalan, konsistensi, menyeluruh dan akses yang terjangkau untuk suatu kemampuan proses komputasi yang tinggi. Dalam *grid computing*, proses komputasi tidak hanya dilakukan oleh satu buah terminal, namun dilakukan oleh banyak terminal atau komputer. Di dalam arsitektur berbasis *grid*, terdapat beberapa komputer yang bertugas menjalankan fungsi komputasi dan terdapat juga komputer yang bertugas mengatur dan mengontrol pembagian tugas ke komputer yang lainnya. Proses komputasi akan dipecah menjadi beberapa proses dan akan didistribusikan ke komputer dalam *grid* untuk dijalankan. Dengan konsep tersebut, proses komputasi yang besar akan dijalankan dengan lebih cepat.

Pada artikel selanjutnya yang berjudul “*The Anatomy of the Grid*”, bersama dengan Steve Tuecke, Ian Foster menambahkan permasalahan kebijakan dan sosial dalam definisinya tentang *grid computing* (Foster, Kasselman, & Tuecke, 2001). Ian Foster menyatakan bahwa *grid computing* merupakan pemecahan masalah dan pembagian sumber daya yang terkoordinasi secara dinamis dalam banyak organisasi virtual.

Berdasarkan definisi tersebut, Ian Foster dalam (Foster, 2002) juga menyatakan bahwa terdapat tiga ciri utama dari arsitektur *grid*. Ciri yang pertama bahwa pada suatu *grid*, setiap sumber daya tidak bergantung pada satu kendali saja, namun kendali dapat dilakukan pada ruang lingkup yang berbeda. Dengan demikian arsitektur *grid* tidak seperti pada konsep *client-server* dimana *server* memiliki kekuasaan penuh atas *client*. Sebagai ilustrasi, dalam arsitektur *grid*, mungkin terjadi bahwa setiap sumber daya berada di wilayah atau instansi yang berbeda. Misalnya beberapa instansi perguruan tinggi ingin membangun arsitektur *grid* untuk menyelesaikan suatu proses komputasi, maka setiap perguruan tinggi dapat menyediakan sumber daya di tempatnya masing-masing, namun terhubung secara *virtual* satu dengan yang lainnya.



Gambar 2.19: Perbandingan Infrastruktur *Traditional Computing* dengan *Grid Computing* (OracleWhitePaper, 2009b)

Ciri yang kedua dari arsitektur *grid* adalah penggunaan standarisasi yang terbuka dan tidak bergantung pada protokol tertentu. *Grid* merupakan

kolaborasi sumber daya melalui suatu jaringan, sehingga penerapannya harus dapat mendukung berbagai protokol dan *platform*. Protokol dan *platform* yang digunakan harus dikenal oleh setiap sumber daya dalam *grid* sehingga masing-masing dapat saling terhubung dengan baik. Contoh protokol yang sudah standar adalah protokol HTTP atau *hyper text transfer protocol*.

Karakteristik yang ketiga dari *grid computing* yaitu bertujuan untuk menyelesaikan proses komputasi yang tidak sederhana. Kolaborasi antara beberapa sumber daya (*terminal*) untuk menyelesaikan suatu proses yang dapat dilakukan hanya dengan menggunakan satu *terminal* bukanlah sebuah *grid computing*. Proses yang ditangani oleh *grid* merupakan proses yang kompleks dimana penggunaan *grid* akan meningkatkan efisiensi proses baik dari sisi waktu, *availability*, keamanan maupun kebutuhan sumber daya.

Beberapa vendor yang menyertakan *grid computing* dalam strategi pengembangan aplikasi juga memiliki definisi masing-masing mengenai *grid computing*. Oracle menyatakan bahwa *grid computing* merupakan virtualisasi dan penggabungan dari berbagai sumber daya teknologi informasi seperti prosesor, penyimpanan dan kemampuan jaringan ke dalam satu paket layanan yang dapat dialokasikan dan didistribusikan secara cepat jika dibutuhkan (OracleWhitePaper, 2009b).

Berdasarkan definisi tersebut, Anirban Chakrabarti dalam (Chakrabarti, 2007) menyimpulkan bahwa *grid computing* adalah:

“a hardware and software infrastructure that allows service oriented, flexible, and seamless sharing of heterogeneous network of resources for compute and data intensive tasks and provides faster throughput and scalability at lower costs .”

Grid computing merupakan suatu infrastruktur perangkat keras dan perangkat lunak dimana proses komputasi dan pengerjaan tugas dapat terjadi secara fleksibel, berbasis layanan dan terjadi dalam jaringan yang berbeda.

Sumber daya yang tersedia dikoordinasikan untuk menjalankan proses secara intensif sehingga tercipta skalabilitas dan biaya rendah.

2.4.2. Manfaat dan Kelebihan *Grid Computing*

Saat ini di sebagian besar perusahaan, termasuk institusi pendidikan, terdapat suatu peningkatan jumlah transaksi dan proses bisnis. Hal tersebut menyebabkan tuntutan dan tantangan yang besar bagi infrastruktur teknologi informasi agar secara efektif dan efisien menangani peningkatan jumlah transaksi tersebut. Salah satu solusinya adalah penerapan konsep virtualisasi dan kolaborasi sumber daya. Virtualisasi dan kolaborasi sumber daya merupakan salah satu karakteristik penting dari *grid computing*.

Grid computing memiliki empat manfaat utama yaitu *performance and scalability*, *resource utilization*, *management and reliability* dan *virtualization* (Chakrabarti, 2007). Peningkatan kemampuan dan skalabilitas merupakan manfaat yang paling nyata dari suatu arsitektur yang menggunakan konsep *grid*. Kemampuan akan meningkat karena terjadi pembagian tugas kepada beberapa sumber daya dalam menyelesaikan suatu proses. Selain itu, pada arsitektur berbasis *grid* juga dengan mudah dilakukan penambahan sumber daya jika memang diperlukan, baik secara vertikal maupun horizontal. Penambahan sumber daya secara vertikal (*scale-up*) merupakan penambahan kapasitas atau kemampuan di setiap *terminal*, misalnya dengan menambahkan kecepatan prosesor atau kapasitas penyimpanan. Sedangkan penambahan sumber daya secara horizontal atau *scale-out* dapat dilakukan dengan menambahkan jumlah sumber daya (*terminal*), misalnya dengan menambah jumlah komputer yang terhubung ke *grid*. Dengan demikian arsitektur *grid* memiliki skalabilitas yang tinggi.

Manfaat kedua dari teknologi *grid* adalah penggunaan sumber daya (*resource utilization*) yang lebih efektif dan efisien. Hal ini terjadi karena dalam arsitektur berbasis *grid*, setiap sumber daya melakukan proses komputasi yang lebih sederhana. Efisiensi juga dapat dilihat dari biaya yang

dikeluarkan untuk membangun suatu infrastruktur. Dalam arsitektur *grid*, untuk memenuhi kebutuhan perusahaan dalam skala besar, tidak diperlukan suatu *mainframe* yang harganya cukup mahal, namun cukup dengan beberapa *server* kecil dengan harga yang jauh lebih murah.

Keuntungan selanjutnya dari penerapan arsitektur *grid* adalah kemudahan dari sisi pengaturan (manajemen) infrastruktur teknologi informasi. Saat ini infrastruktur teknologi informasi sudah semakin beragam dan kompleks. Jika hal tersebut tidak didukung oleh manajemen yang baik maka tidak akan memberikan manfaat yang signifikan bagi perusahaan atau institusi. *Grid computing* menawarkan suatu konsep manajemen infrastruktur teknologi informasi yang terpusat dan tidak terbatas karena keberagaman sumber daya.

Seperti sudah disebutkan di atas bahwa virtualisasi merupakan salah satu bagian dari arsitektur *grid*. Saat ini perkembangan teknologi informasi baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak sudah semakin beragam. Hal tersebut tentu menjadikan infrastruktur teknologi informasi semakin beragam atau heterogen. Keberagaman (*heterogeneity*) dapat terjadi pada *hardware*, media penyimpanan, sistem operasi, protokol komunikasi dan peraturan di dalam perusahaan. *Grid computing* menawarkan solusi atas keberagaman tersebut dengan menggunakan konsep virtualisasi. Virtualisasi merupakan teknologi yang memungkinkan dalam suatu sistem terdapat beberapa sub sistem virtual. Contoh sederhananya dalam satu komputer, dapat terdiri dari dua atau lebih sistem operasi yang masing-masing dapat berjalan bersama. Dengan demikian seolah-olah terdapat dua komputer yang berbeda. Dengan konsep virtualisasi, keberagaman dapat dikelola dengan baik.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai tahapan-tahapan penelitian beserta metodologi yang digunakan dalam penelitian.

3.1. TAHAPAN PENELITIAN

Berdasarkan hasil pengamatan sementara dan kajian teori yang telah disusun oleh penulis, maka selanjutnya dapatlah dibangun kerangka berpikir untuk merancang pemodelan arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* untuk perguruan tinggi di Indonesia. Kerangka berpikir tersebut menjadi landasan utama dalam membuat tahapan-tahapan penelitian dan menjadi acuan bagi penulis dalam melaksanakan penelitian.

Penelitian ini termasuk *desk research*, yaitu penelitian yang menggunakan data sekunder dari obyek penelitian. Data sekunder dapat berasal dari *website*, peraturan, buku, literatur, laporan dan bentuk lainnya yang terkait dengan obyek penelitian. Adapun tahapan yang dilalui dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1.1. Identifikasi Permasalahan

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui kebutuhan pengguna terhadap aplikasi yang akan dikembangkan. Hal ini perlu dilakukan agar aplikasi yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini antara lain :

- Melakukan pengamatan terhadap permasalahan yang dihadapi, kemudian merumuskan permasalahan tersebut.
- Melakukan studi literatur/studi pustaka untuk memahami dasar-dasar teori dan konsep-konsep yang mendukung penelitian.

- Membandingkan, menganalisis dan menentukan *framework* perancangan arsitektur teknologi informasi.

3.1.2. Pengumpulan Data

Setelah dapat mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi, maka akan dilakukan proses pengumpulan data yang diperlukan. Tahapan ini terdiri dari:

- Melakukan pengamatan langsung, terutama terhadap arsitektur teknologi informasi yang ada.
- Mengumpulkan dan memilih studi literatur berupa tesis, karya akhir, jurnal maupun *paper* yang membahas perancangan arsitektur teknologi informasi di perguruan tinggi.

3.1.3. Pengolahan dan Analisis Data

Setelah data terkumpul, dilakukan analisis terhadap data tersebut. Data dalam penelitian ini merupakan data yang bersumber dari hasil pengamatan terhadap *website* atau dokumen perguruan tinggi serta hasil studi literatur.

3.1.4. Perancangan Model Arsitektur Teknologi Informasi

Berdasarkan hasil analisis data, dilakukan proses perancangan model arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* untuk perguruan tinggi di Indonesia. Perancangan arsitektur teknologi informasi mengikuti langkah-langkah dalam TOGAF dengan penambahan konsep *cloud computing*.

3.1.5. Kesimpulan dan Rekomendasi

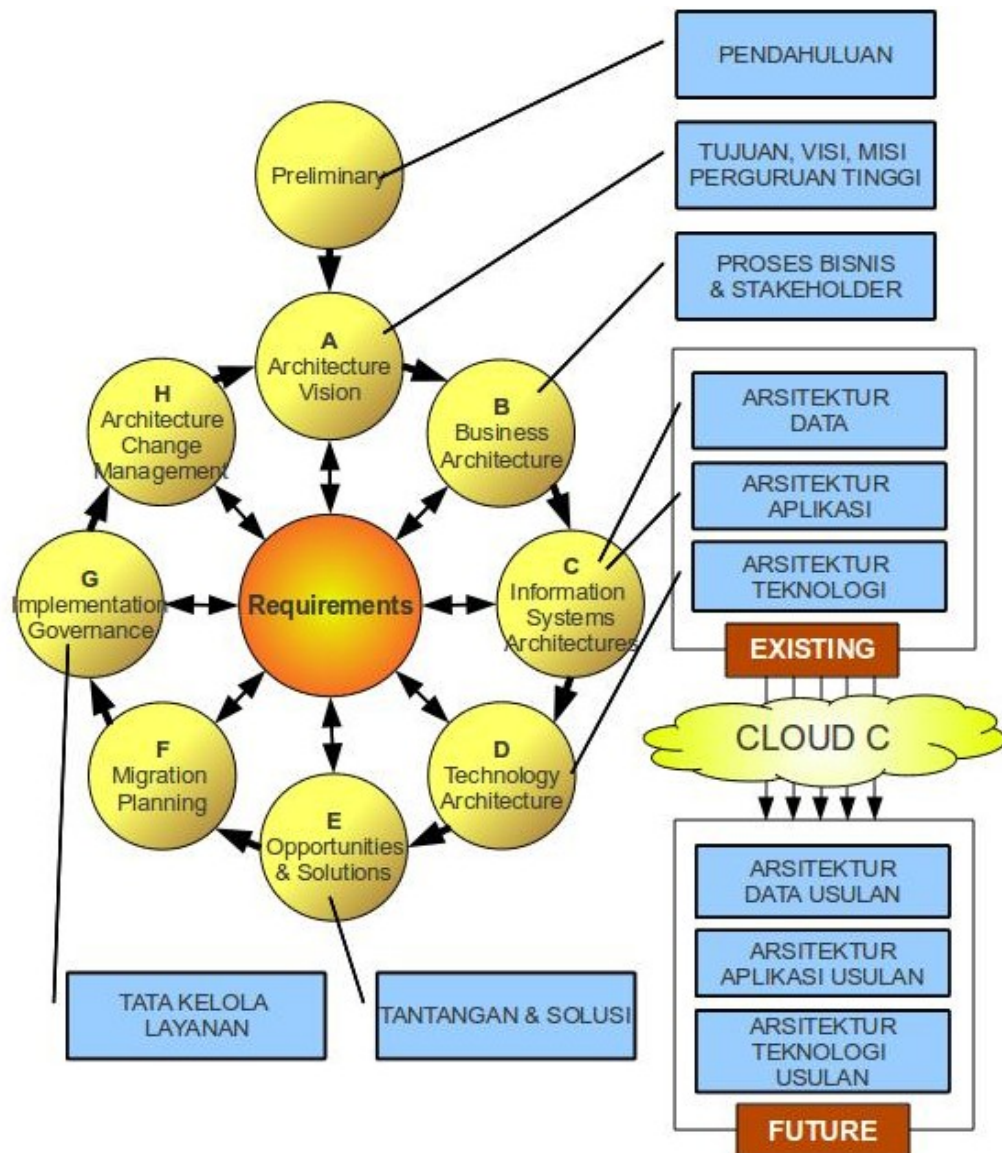
Kesimpulan diambil berdasarkan hasil analisis data yang sudah dilakukan.

3.1.6. Membuat Laporan Tesis

Langkah terakhir dari penelitian ini adalah membuat laporan tesis. Laporan ini berisi hal-hal yang dikerjakan selama melakukan penelitian dan hasil-hasil yang didapatkan ketika melakukan penelitian.

3.2. METODOLOGI

Metodologi penelitian yang dijadikan sebagai acuan menggunakan metodologi *TOGAF Architecture Development Method (TOGAF ADM)* yang disesuaikan dengan konsep *cloud computing*. Berikut ini gambaran metodologi yang digunakan.



Gambar 3.1: Metodologi TOGAF dan *Cloud Computing*

Berikut ini langkah-langkah pengembangan arsitektur teknologi informasi dalam TOGAF ADM dan ditambahkan konsep *cloud computing* serta disesuaikan dengan kondisi perguruan tinggi di Indonesia.

Tabel 3.1. Metodologi Penelitian

Fase dalam TOGAF ADM	Keterangan	Keluaran
<i>Preliminary</i>	Fase pendahuluan yang menjelaskan latar belakang dan permasalahan yang mendasari perlunya pengembangan arsitektur teknologi informasi. Fase ini disajikan di bab Pendahuluan.	Latar Belakang Masalah, Permasalahan dan Batasannya
<i>A. Architecture Vision</i>	Fase ini berusaha menyajikan visi, misi dan tujuan dari organisasi	Visi, Misi dan Tujuan PT; Landasan Teori
<i>B. Business Architecture</i>	Fase ini berusaha menggambarkan proses bisnis di perguruan tinggi beserta <i>stakeholder</i> yang ada di perguruan tinggi	Proses Bisnis, <i>Stakeholder</i>
<i>C. Information Systems Architectures</i>	Fase ini akan menggambarkan arsitektur data dan arsitektur aplikasi yang sudah ada di perguruan tinggi saat ini. Selanjutnya dilakukan perancangan arsitektur teknologi informasi yang baru dengan menambahkan konsep <i>cloud computing</i> .	Arsitektur Data Saat Ini, Arsitektur Aplikasi Saat ini, Arsitektur Data Usulan, Arsitektur Aplikasi Usulan.

Tabel 3.1. Metodologi Penelitian (lanjutan)

Fase dalam TOGAF ADM	Keterangan	Keluaran
<i>D. Technology Architecture</i>	Fase ini menyajikan gambaran arsitektur teknologi di perguruan tinggi untuk selanjutnya dibuat arsitektur teknologi baru yang menerapkan konsep <i>cloud computing</i>	Arsitektur Teknologi Saat Ini, Arsitektur Jaringan Saat ini, Arsitektur Teknologi Usulan
<i>E. Opportunities & Solutions</i>	Langkah ini menjelaskan tantangan dan solusi dalam penerapan arsitektur teknologi informasi di perguruan tinggi	Tantangan dan Solusi
<i>F. Migration Planning</i>	Pada tahap ini dijelaskan langkah-langkah proses migrasi arsitektur yang lama ke yang baru.	Keamanan <i>Cloud Computing</i>
<i>G. Implementation Governance</i>	Tahapan ini menyajikan tata kelola penerapan arsitektur teknologi informasi	Tata Kelola Layanan <i>Cloud Computing</i> .
<i>H. Architecture Change Management</i>	Tahapan ini menjelaskan manajemen perubahan arsitektur teknologi informasi.	-

BAB 4

KONDISI PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA

Di dalam bagian ini akan dipaparkan mengenai analisis terhadap data perguruan tinggi di Indonesia. Data didapat dari hasil pengamatan langsung dan tidak langsung (misalnya melalui *website*), hasil wawancara, hasil studi terhadap literatur terkait, undang-undang, peraturan pemerintah dan laporan penelitian lainnya.

4.1. TUJUAN, VISI DAN MISI PERGURUAN TINGGI

Sesuai dengan ketentuan yang telah disebutkan dalam UU Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional dan Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999, tujuan penyelenggaraan pendidikan di Indonesia adalah:

1. Menyiapkan peserta didik untuk menjadi anggota masyarakat yang memiliki kemampuan akademik dan/atau profesional yang dapat menerapkan, mengembangkan, dan atau menciptakan ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau kesenian.
2. Mengembangkan dan menyebarluaskan ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau kesenian serta mengupayakan penggunaannya meningkatkan taraf kehidupan masyarakat dan memperkaya kebudayaan nasional.

Jadi dapat disimpulkan bahwa penyelenggaraan perguruan tinggi haruslah bertujuan untuk menyiapkan peserta didik dalam menghadapi kehidupan di masyarakat di masa mendatang, serta menyebarkan ilmu pengetahuan demi peningkatan kualitas kehidupan masyarakat. Oleh karena sudah diatur dengan jelas oleh undang-undang, maka penyelenggaraan perguruan tinggi, baik negeri maupun swasta mempunyai karakteristik yang hampir sama.

Visi merupakan pandangan jauh ke depan, kemana dan bagaimana suatu organisasi di masa mendatang. Visi merupakan harapan yang ingin dicapai oleh

organisasi di masa mendatang. Sedangkan misi merupakan langkah-langkah nyata dan sistematis yang dapat ditempuh untuk mencapai visi organisasi.

Seluruh perguruan tinggi di Indonesia memiliki visi yang beragam, namun keseluruhan visi tersebut haruslah selaras dengan tujuan penyelenggaraan pendidikan itu sendiri, yaitu meningkatkan derajat pendidikan, pengetahuan dan kehidupan masyarakat. Di dalam visi perguruan tinggi, pada umumnya disebutkan mengenai keunggulan yang ingin ditonjolkan, misalnya keunggulan dari sisi teknologi, keunggulan dari sisi moral, keunggulan dari sisi keahlian dan sebagainya.

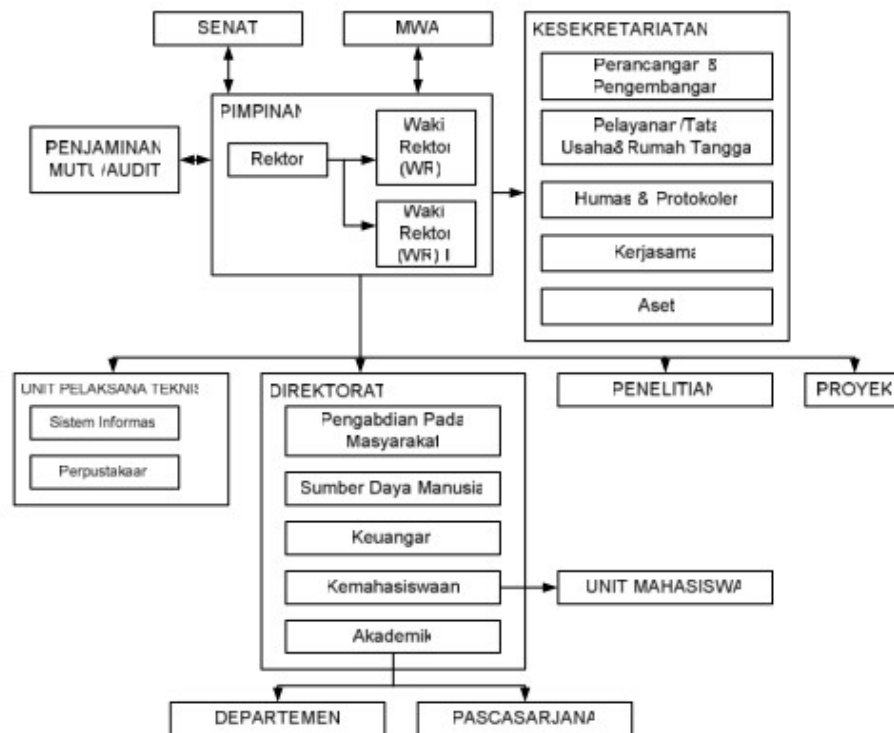
Untuk mencapai visinya masing-masing, setiap perguruan tinggi memiliki misi dan strateginya masing-masing. Namun demikian, setiap perguruan tinggi memiliki tiga misi utama yang disebut tri dharma perguruan tinggi, yaitu (1) penyelenggaraan pendidikan dan pengajaran, (2) penelitian dan (3) pengabdian pada masyarakat. Penyelenggaraan pendidikan diwujudkan dalam proses belajar mengajar antara mahasiswa dan pengajar (dosen). Sedangkan penelitian merupakan salah satu kegiatan dan tugas seorang dosen. Hasil dari kegiatan penelitian dapat diterapkan langsung di masyarakat sebagai komponen pengabdian pada masyarakat.

4.2. STRUKTUR ORGANISASI PERGURUAN TINGGI

Struktur organisasi merupakan suatu susunan dan hubungan antara tiap bagian di dalam organisasi atau perusahaan. Struktur organisasi dibentuk untuk mempermudah organisasi dalam menjalankan kegiatan operasionalnya. Struktur organisasi juga menggambarkan dengan jelas pemisahan kegiatan pekerjaan antara yang satu dengan yang lain dan bagaimana hubungan aktivitas dan fungsi dibatasi. Dalam struktur organisasi yang baik harus menjelaskan hubungan wewenang setiap komponen di dalamnya, termasuk jalur komando dan koordinasi.

Jika dilihat dari struktur organisasi, setiap perguruan tinggi memiliki bentuk struktur organisasi yang beragam. Namun hampir semuanya memiliki jenis

struktur organisasi yang bersifat hierarki dengan pimpinan tertinggi adalah seorang rektor. Kuswardani Mutyarini dan Jaka Sembiring (Mutyarini & Sembiring, 2006) merangkum struktur organisasi pendidikan tinggi di Indonesia, terutama perguruan tinggi negeri menjadi gambar berikut ini:



Berdasarkan struktur organisasi di atas, terdapat beberapa komponen utama dari struktur organisasi di perguruan tinggi.

1. Rektor dan Pembantu Rektor

Rektor merupakan pimpinan tertinggi dalam suatu perguruan tinggi. Rektor bertanggung jawab penuh terhadap setiap kebijakan dan ketentuan yang berlaku di perguruan tinggi. Dalam menjalankan tugasnya, rektor biasanya dibantu oleh pembantu rektor yang membidangi tugas tertentu, seperti bidang akademik, bidang administrasi umum dan bidang kemahasiswaan.

2. Senat Perguruan Tinggi

Senat perguruan tinggi merupakan suatu badan normatif dan perwakilan tertinggi yang memiliki tugas pokok antara lain:

- Merumuskan kebijakan akademik dan pengembangan perguruan tinggi.
- Merumuskan kebijakan penilaian prestasi akademik dan kecakapan serta kepribadian sivitas akademika.
- Merumuskan norma dan tolak ukur penyelenggaraan perguruan tinggi.
- Memberikan pertimbangan dan persetujuan atas perencanaan anggaran yang diajukan oleh Rektor.
- Menilai pertanggungjawaban Rektor atas pelaksanaan kebijakan yang telah ditetapkan.
- Merumuskan peraturan pelaksanaan, kebebasan akademik dan otonomi keilmuan pada perguruan tinggi.
- Memberikan pertimbangan kepada penyelenggara perguruan tinggi berkenaan dengan calon-calon yang diusulkan untuk diangkat menjadi Rektor dan dosen yang dicalonkan memangku jabatan akademik di atas Rektor.
- Menegakkan norma-norma yang berlaku bagi sivitas akademika.
- Mengukuhkan pemberian gelar Doktor Kehormatan pada sivitas perguruan tinggi yang memenuhi persyaratan.

3. Dekan (Pimpinan Departemen atau Fakultas)

Dekan merupakan pimpinan dari suatu departemen atau fakultas yang mempunyai tugas utama mengkoordinasikan dan melaksanakan pendidikan akademik di fakultasnya. Dalam suatu fakultas dapat terdiri atas berbagai Jurusan atau Program Studi yang masing-masing dipimpin oleh seorang Kepala Jurusan atau Kepala Program Studi.

4. Kepala Direktorat atau Biro

Kepala Direktorat atau Biro mempunyai tugas melaksanakan, mengkoordinasikan, mengembangkan, memantau dan menilai pelaksanaan kegiatan sesuai dengan tugas pokok dari Direktorat atau Biro yang dipimpin.

Sebagai contoh seorang Direktur Lembaga Penelitian bertanggung jawab terhadap pelaksanaan penelitian di lingkungan perguruan tinggi. Beberapa direktorat atau biro yang umumnya ada di perguruan tinggi antara lain Direktorat Administrasi Akademik Mahasiswa, Direktorat Penjaminan Mutu, Direktorat Kemahasiswaan dan Alumni, Direktorat Hubungan Masyarakat dan Promosi, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat serta Direktorat Teknologi Informasi.

5. Kepala Unit Pelaksana Teknis

Di dalam perguruan tinggi juga terdapat Unit Pelaksana Teknis yang dipimpin oleh Kepala Bagian atau Kepala Unit. Kepala Unit Pelaksana Teknis bertanggung jawab terhadap pelayanan dan pelaksanaan kegiatan atau fungsi di unit masing-masing. Beberapa contoh unit yang ada di perguruan tinggi antara lain unit Laboratorium, Perpustakaan, Sarana Pendidikan dan Lembaga Bahasa.

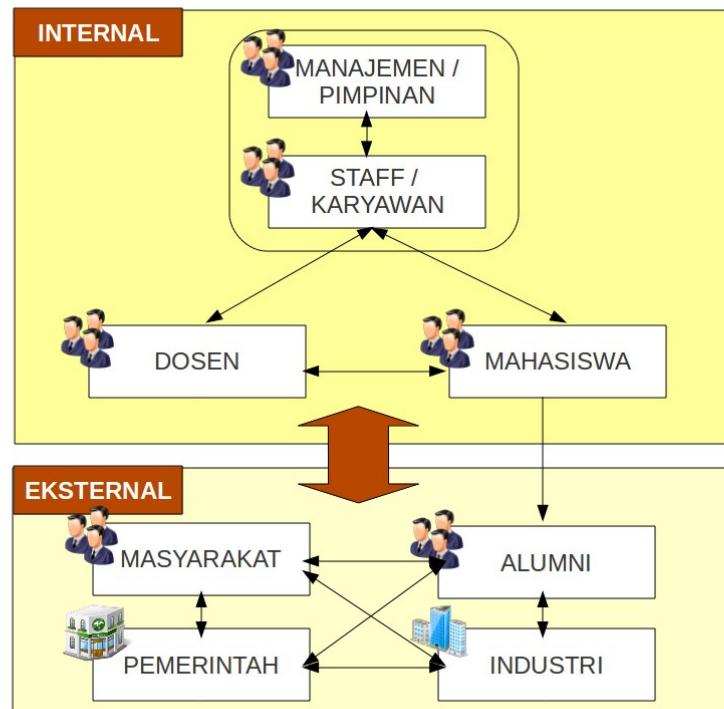
4.3. STAKEHOLDER PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA

Proses bisnis perguruan tinggi di Indonesia melibatkan berbagai pihak baik internal perguruan tinggi maupun eksternal perguruan tinggi. Mahasiswa, dosen, karyawan dan manajemen perguruan tinggi merupakan *stakeholder* internal. Sedangkan pemerintah, masyarakat, alumni perguruan tinggi dan dunia industri merupakan bagian dari *stakeholder* eksternal. Pihak-pihak yang terlibat dalam proses bisnis perguruan tinggi, terlihat pada gambar berikut ini.

4.3.1. Manajemen (Pimpinan) Perguruan Tinggi

Pihak manajemen perguruan tinggi merupakan penentu arah kebijakan seluruh elemen dalam perguruan tinggi. Pihak manajemen perguruan tinggi menjadi pemimpin yang menentukan kemana perguruan tinggi akan dibawa. Termasuk di antaranya terkait dengan kebijakan perguruan dalam hal penerapan teknologi informasi dan sistem informasi. Implementasi

arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* juga bergantung pada komitmen dari pihak manajemen perguruan tinggi.



4.3.2. Karyawan (Pegawai) Perguruan Tinggi

Karyawan atau pegawai perguruan tinggi merupakan orang-orang yang ditunjuk dengan tugas tertentu untuk mendukung proses bisnis organisasi. Walaupun tidak berpengaruh secara langsung terhadap kualitas perguruan tinggi, namun peran karyawan di suatu organisasi harus tetap diperhatikan. Sebagai contoh, dalam institusi perguruan tinggi, kenyamanan mahasiswa menjalani aktivitas pembelajaran akan tercipta dengan baik, salah satunya dengan dukungan dari karyawan atau pegawai perguruan tinggi tersebut.

4.3.3. Dosen atau Pengajar

Dosen atau pengajar dalam suatu perguruan tinggi merupakan pihak yang berperan sebagai salah satu sumber pengetahuan bagi mahasiswa. Kualitas dosen secara signifikan akan mempengaruhi kualitas mahasiswa, dan kualitas mahasiswa berpengaruh terhadap kualitas perguruan tinggi yang bersangkutan.

4.3.4. Mahasiswa

Dalam suatu perguruan tinggi mahasiswa merupakan pihak yang sangat berpengaruh. Dipandang dari sisi manajemen perguruan tinggi, mahasiswa merupakan pelanggan. Namun dilihat dari sisi proses pembelajaran, mahasiswa merupakan subjek pembelajaran. Mahasiswa merupakan sorotan utama di suatu perguruan tinggi. Kualitas mahasiswa akan berkorelasi secara langsung dengan kualitas perguruan tinggi.

4.3.5. Alumni

Alumni perguruan tinggi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses bisnis di perguruan tinggi. Alumni atau lulusan merupakan salah satu keluaran dari proses pembelajaran di perguruan tinggi. Kualitas, kemampuan dan peran alumni perguruan tinggi di masyarakat merupakan cerminan dari proses pembelajaran yang telah dilakukan di perguruan tinggi. Dalam kaitannya dengan dunia industri, alumni yang berkualitas memiliki kemampuan di bidangnya merupakan sumber daya manusia yang sangat dibutuhkan.

4.3.6. Pemerintah

Dalam dunia pendidikan, pemerintah merupakan pihak yang berperan sebagai penentu kebijakan pendidikan serta melakukan pengawasan dan koordinasi dengan seluruh institusi pendidikan di Indonesia. Di setiap jenjang pendidikan, pemerintah menunjuk pihak-pihak tertentu yang

bertanggung jawab melakukan koordinasi, pembinaan dan pengawasan terhadap jenjang pendidikan tersebut. Pada jenjang pendidikan tinggi, pemerintah menunjuk Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI).

4.3.7. Masyarakat

Masyarakat merupakan pihak di luar perguruan tinggi yang berperan cukup penting. Mahasiswa sebagai komponen utama perguruan tinggi merupakan bagian dari masyarakat. Demikian juga alumni atau lulusan perguruan tinggi merupakan bagian dari masyarakat yang dituntut untuk dapat menerapkan ilmu yang telah diperolehnya di masyarakat. Bagi manajemen perguruan tinggi, masyarakat juga merupakan salah satu sumber dana yang cukup besar.

4.3.8. Dunia Industri

Dunia industri sebagai pihak yang akan memanfaatkan alumni dari perguruan tinggi di dalam proses bisnisnya. Dunia industri juga turut mempengaruhi proses yang terjadi di perguruan tinggi. Perguruan tinggi dituntut untuk selalu selalu selaras dengan dunia industri, sehingga perguruan tinggi harus selalu menyesuaikan proses pembelajaran (kurikulum) dengan kebutuhan dunia industri.

Masing-masing pihak di atas memiliki hubungan satu dengan yang lainnya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Jika komunikasi antar pihak berjalan dengan baik, maka proses bisnis perguruan tinggi dapat berjalan dengan baik juga.

- **Pihak Manajemen dan Karyawan Perguruan Tinggi**

Hubungan antara pihak manajemen dan karyawan perguruan tinggi merupakan hubungan yang dibentuk berdasarkan struktur organisasi. Di dalam struktur organisasi didefinisikan dengan jelas mengenai tugas dan wewenang setiap individu di perguruan tinggi. Karyawan sebagai bawahan harus

melakukan koordinasi dan laporan ke atasannya. Sedangkan pihak manajemen sebagai atasan harus memberikan perintah, penugasan dan pengawasan terhadap bawahannya.

- **Karyawan Perguruan Tinggi dan Dosen**

Antara karyawan perguruan tinggi dan dosen terjadi hubungan timbal balik dimana keduanya berkoordinasi untuk memberikan pelayanan yang terbaik untuk mahasiswa. Karyawan berkoordinasi dengan dosen dalam hal pengaturan jadwal mengajar serta memberikan pelayanan kepada dosen dalam memenuhi kebutuhan dosen dalam kegiatan belajar mengajar. Dosen juga berkoordinasi dengan karyawan dalam urusan penggajian.

- **Karyawan Perguruan Tinggi dan Mahasiswa**

Karyawan memberikan pelayanan administratif kepada mahasiswa. Pelayanan tersebut antara lain terkait dengan pemberian informasi perkuliahan, penyusunan jadwal kuliah dan pemilihan dosen hingga informasi terkait penilaian. Sebaliknya, mahasiswa juga berhubungan dengan karyawan dalam hal pembayaran biaya kuliah.

- **Mahasiswa dan Dosen**

Hubungan antara mahasiswa dan dosen merupakan hubungan timbal balik yang sangat penting dalam perguruan tinggi. Keberhasilan proses pembelajaran di perguruan tinggi sangat bergantung kepada proses interaksi antara kedua pihak ini. Dosen melakukan transfer pengetahuan (*knowledge transfer*) ke mahasiswa. Sedangkan mahasiswa berusaha menerima pengajaran dari dosen. Selain itu, dosen juga berkewajiban melakukan penilaian terhadap proses belajar mahasiswa dan mahasiswa berhak memperoleh hasil evaluasi belajarnya.

- **Mahasiswa dan Alumni**

Antara mahasiswa dan alumni sebagai individu memiliki hubungan yang sangat erat karena seorang mahasiswa perguruan tinggi pada akhirnya akan lulus dan menjadi alumni. Dengan demikian, secara kolektif mahasiswa

mempengaruhi alumni namun sebaliknya, alumni tidak terlalu mempengaruhi mahasiswa di perguruan tinggi. Komunikasi antara mahasiswa dan alumni umumnya tidak berlangsung secara intensif dan terkoordinir. Forum atau komunitas alumni yang dibentuk biasanya hanya menjembatani hubungan antar alumni.

- Alumni dan Industri

Alumni perguruan tinggi dan dunia industri memiliki keterkaitan dimana alumni perguruan tinggi merupakan sumber daya manusia yang akan memenuhi permintaan tenaga kerja dari dunia industri. Kualitas alumni perguruan tinggi tentu akan sangat mempengaruhi tingkat penyerapan alumni di dunia kerja.

- Alumni dan Masyarakat

Alumni perguruan tinggi dan masyarakat merupakan bagian yang tak terpisahkan. Alumni perguruan tinggi berasal dari masyarakat dan pada akhirnya akan kembali ke masyarakat. Kedua pihak akan saling mewarnai dan mempengaruhi. Alumni akan berusaha menerapkan ilmu yang sudah diperolehnya di perguruan tinggi untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Sebaliknya dengan kualitas hidup masyarakat yang meningkat akan meningkatkan kualitas calon mahasiswa yang akan memasuki perguruan tinggi.

- Alumni dan Pemerintah

Alumni perguruan tinggi dan pemerintah saling mempengaruhi terutama dalam hal kebijakan ketenaga kerjaan. Undang-undang dan peraturan pemerintah yang berhubungan dengan dunia industri dan tenaga kerja tentu akan berpengaruh secara langsung terhadap lulusan perguruan tinggi.

- Masyarakat dan Pemerintah

Masyarakat dan pemerintah memiliki hubungan timbal balik dimana pemerintah memberikan pelayanan ke masyarakat. Pelayanan pendidikan juga

merupakan salah satu tugas dari pemerintah sesuai dengan amanat Undang-undang Dasar 1945.

- Masyarakat dan Industri

Hubungan antara masyarakat dan industri juga cukup penting. Kedua pihak saling mempengaruhi. Dunia industri menyediakan lapangan pekerjaan sekaligus menghasilkan produk atau layanan yang akan dinikmati oleh masyarakat.

- Pemerintah dan Industri

Pemerintah merupakan pihak yang bertanggung jawab mengatur kehidupan bermasyarakat dan bernegara, termasuk menetapkan kebijakan bagi dunia industri.

- Internal dan Eksternal

Hubungan antara pihak internal perguruan tinggi dan pihak eksternal yaitu masyarakat, alumni, industri dan pemerintah merupakan hubungan timbal balik yang saling menguntungkan. Bagi perguruan tinggi, pihak eksternal merupakan pihak yang memberikan masukan yang sangat mempengaruhi keberlangsungan proses bisnis perguruan tinggi. Masukan tersebut dapat berupa sumber daya manusia, sumber keuangan maupun kebijakan. Bagi pihak eksternal, peran serta perguruan tinggi juga cukup penting. Peran tersebut antara lain terwujud dalam penyediaan sumber daya manusia bagi dunia industri serta kegiatan pengabdian pada masyarakat.

Hubungan antara pihak-pihak (*stakeholder*) di dalam perguruan tinggi dapat dilihat secara lengkap di matriks berikut ini.

Tabel 4.1: Matriks Hubungan *Stakeholder* Perguruan Tinggi

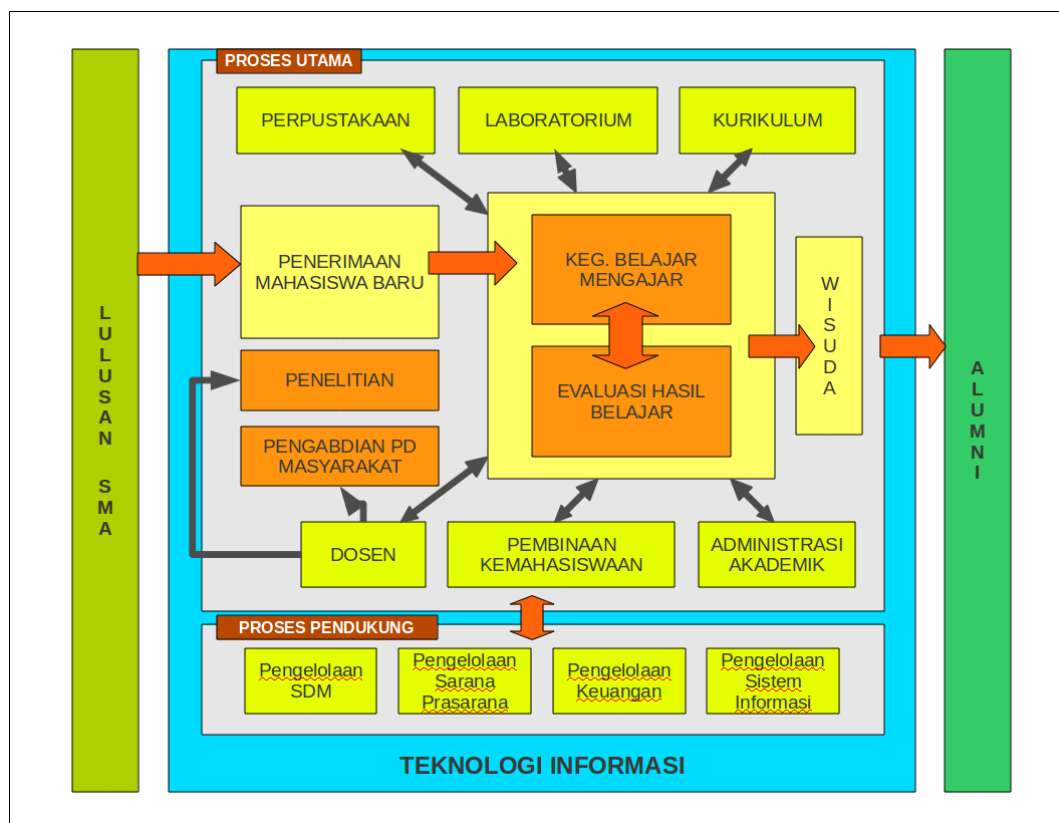
Stakeholder	Manajemen PT	Karyawan PT	Dosen	Mahasiswa	Alumni	Pemerintah	Industri	Masyarakat
Manajemen PT		Penugasan & laporan	Penugasan & koordinasi	Administrasi, pembayaran	komunikasi & koordinasi	Koordinasi, laporan, kebijakan	Kerjasama	Komunikasi
Karyawan PT			Koordinasi & pelayanan	Pelayanan	Komunikasi & koordinasi	komunikasi	komunikasi	komunikasi
Dosen				Belajar, mengajar	Komunikasi	Komunikasi	Komunikasi	Komunikasi, pengabdian
Mahasiswa					Komunikasi	Komunikasi	Komunikasi	komunikasi
Alumni						komunikasi	komunikasi	komunikasi
Pemerintah							Kebijakan, komunikasi	komunikasi
Industri								komunikasi
Masyarakat								

4.4. PROSES BISNIS

Sesuai dengan tujuan, visi, misi perguruan tinggi, secara umum proses bisnis yang terjadi di semua perguruan tinggi hampir sama. Proses bisnis yang terjadi di perguruan tinggi dapat dibagi menjadi dua, yaitu proses bisnis utama dan proses pendukung. Proses bisnis utama merupakan proses yang menjadi inti dari keberadaan perguruan tinggi. Sesuai dengan tujuan dari perguruan tinggi, proses

bisnis utama mencakup proses pengajaran dan pendidikan, proses penelitian dan proses pengabdian pada masyarakat. Sedangkan proses bisnis pendukung merupakan proses yang turut mendukung pelaksanaan dan keberhasilan proses bisnis utama. Proses bisnis pendukung terdiri dari pengelolaan sumber daya manusia, pengelolaan sarana dan prasarana, pengelolaan keuangan dan juga pengelolaan sistem informasi.

Secara umum, proses bisnis yang terjadi di perguruan tinggi dapat digambarkan menjadi gambar sebagai berikut:



Berdasarkan gambar di atas, secara umum tujuan dari keseluruhan proses di perguruan tinggi adalah untuk meningkatkan kualitas pendidikan peserta didik yang berasal dari jenjang pendidikan menengah (SMA dan sederajat) sehingga mampu menjadi lulusan yang siap terjun dan berperan aktif di masyarakat. Untuk

mencapai tujuan tersebut, terdapat beberapa proses utama dan pendukung yang ditempuh oleh perguruan tinggi.

(1). Proses Penerimaan Mahasiswa Baru

Proses penerimaan mahasiswa baru merupakan suatu proses yang ditempuh oleh perguruan tinggi untuk melakukan seleksi terhadap calon mahasiswa yang nantinya akan menjadi mahasiswa di perguruan tinggi yang bersangkutan. Proses seleksi tersebut pada umumnya dilaksanakan melalui proses ujian baik tertulis, praktikum maupun wawancara.

Setiap perguruan tinggi memiliki kebijakan dan mekanisme sendiri dalam proses penerimaan mahasiswanya. Beberapa perguruan tinggi, terutama perguruan tinggi swasta melaksanakan proses penerimaan mahasiswa baru secara mandiri, namun beberapa perguruan tinggi lainnya melaksanakannya secara bersama-sama. Perguruan tinggi negeri melaksanakan proses penerimaan mahasiswa baru secara serentak melalui program SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selain itu, terdapat juga jalur penerimaan mahasiswa baru yang diselenggarakan oleh beberapa perguruan tinggi (swasta dan negeri) yang tergabung dalam P-SPMBN (Perhimpunan Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Nasional).

Adanya beberapa jalur penerimaan mahasiswa tersebut berdampak positif dan negatif bagi calon mahasiswa. Dampak positif bagi calon mahasiswa adalah semakin banyaknya pilihan dan kesempatan untuk diterima di perguruan tinggi favoritnya. Calon mahasiswa dapat mengikuti beberapa mekanisme penerimaan mahasiswa di beberapa perguruan tinggi sekaligus, baik yang dilaksanakan secara bersama-sama maupun mandiri. Sedangkan dampak, calon mahasiswa merasa bingung akan standardisasi penerimaan mahasiswa baru baik dari sisi mekanisme maupun materi ujiannya.

(2). Proses Kegiatan Belajar dan Mengajar

Kegiatan belajar mengajar merupakan proses utama dalam pendidikan. Di dalam proses ini terjadi proses perpindahan ilmu dan pengetahuan (*knowledge transfer*) antara dosen atau pengajar dengan mahasiswa. Proses belajar mengajar di perguruan tinggi dilaksanakan secara terstruktur dan terjadwal dalam periode tertentu. Setiap periode pembelajaran berlangsung selama 6 bulan atau satu semester.

Selain terjadwal, setiap perguruan tinggi melaksanakan proses pembelajaran sesuai dengan kurikulum yang sudah ditetapkan. Perguruan tinggi berhak merancang dan membuat kurikulumnya sendiri sesuai dengan kompetensi dan keunggulan yang ingin dicapai, namun tetap dalam pengawasan pemerintah (Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi). Pemerintah juga menetapkan beberapa matakuliah wajib yang harus dimasukkan dalam kurikulum perguruan tinggi, seperti matakuliah Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan serta matakuliah Pendidikan Agama.

Untuk mendukung keberhasilan proses belajar mengajar, perguruan tinggi umumnya menyediakan sarana perpustakaan sebagai pusat pencarian bahan (referensi) perkuliahan dan laboratorium sebagai tempat praktikum dan percobaan. Kelengkapan bahan pustaka di perpustakaan dan kelengkapan peralatan laboratorium secara langsung akan mempengaruhi keberhasilan proses belajar mengajar mahasiswa. Oleh karena itu, banyak perguruan tinggi yang mengeluarkan investasi besar untuk membangun sarana tersebut. Beberapa perguruan tinggi lainnya bekerja sama dengan bertukar sarana dan prasarana yang dimilikinya. Kerja sama tersebut akan menghemat biaya investasi yang harus dikeluarkan. Namun saat ini, bentuk kerja sama pertukaran (*share*) sarana dan prasarana antar perguruan tinggi masih dalam lingkup yang kecil, belum terjadi secara massal.

(3). **Proses Evaluasi Hasil Belajar**

Dalam suatu proses belajar mengajar yang baik, harus terdapat pengukuran terhadap keberhasilan proses tersebut. Pengukuran keberhasilan proses belajar mengajar umumnya dilaksanakan dengan proses evaluasi hasil belajar atau ujian. Evaluasi hasil belajar tersebut diselenggarakan secara periodik dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan ketentuan dari perguruan tinggi masing-masing. Jika dalam proses evaluasi, mahasiswa mendapatkan hasil yang memuaskan maka dapat disimpulkan bahwa mahasiswa tersebut berhasil dalam menempuh proses belajar mengajar.

Evaluasi hasil belajar di perguruan tinggi diwujudkan dalam berbagai bentuk, antara lain:

- **Tugas.** Tugas umumnya diberikan untuk mengukur kemampuan mahasiswa dalam menyerap bahan perkuliahan pada suatu topik tertentu. Tugas dapat dilaksanakan secara individual maupun kelompok. Tugas juga dapat dikerjakan di kelas secara langsung maupun di luar kelas.
- **Ujian Tengah Semester.** Bentuk evaluasi ini dilaksanakan pada pertengahan semester. Evaluasi ini berguna untuk mengukur kemampuan mahasiswa dalam menyerap materi yang telah diajarkan selama setengah semester. Hasil dari evaluasi ini umumnya akan sangat mempengaruhi kelulusan mahasiswa dalam matakuliah yang bersangkutan
- **Ujian Akhir Semester.** Evaluasi ini dilaksanakan setiap akhir semester dan berguna untuk mengetahui keberhasilan mahasiswa dalam menyerap materi kuliah yang telah berlangsung selama satu semester.
- **Ujian Sidang.** Ujian sidang di perguruan tinggi dilaksanakan untuk menguji kemampuan mahasiswa dalam menerapkan ilmu yang sudah diperolehnya di bangku perkuliahan dalam menyelesaikan suatu persoalan. Ujian sidang umumnya dilaksanakan ketika mahasiswa

menempuh tugas akhir atau skripsi. Namun di beberapa perguruan tinggi, ujian sidang juga dilaksanakan ketika mahasiswa menempuh kuliah kerja praktik atau kuliah kerja lapangan.

Selain keempat bentuk evaluasi tersebut, setiap perguruan tinggi tidak menutup kemungkinan untuk memiliki bentuk evaluasi yang lain. Perguruan tinggi juga memiliki kebijakan komposisi penilaian dalam menentukan kelulusan seorang mahasiswa baik dalam suatu matakuliah maupun dalam perguruan tinggi yang bersangkutan.

(4). Pembinaan Kemahasiswaan dan Alumni

Mahasiswa merupakan bagian utama dari perguruan tinggi, sehingga pembinaan mahasiswa menjadi proses yang penting. Pembinaan mahasiswa meliputi pengelolaan berbagai kegiatan kemahasiswaan. Pembinaan kemahasiswaan umumnya dilakukan oleh Senat Mahasiswa atau bagian lainnya yang ditunjuk oleh perguruan tinggi.

Selain mahasiswa, penanganan yang baik terhadap alumni juga cukup penting karena salah satu wujud nyata keberhasilan dan kegagalan suatu perguruan tinggi adalah kualitas alumninya. Proses penanganan terhadap alumni biasanya diwujudkan dengan dibentuknya forum atau ikatan alumni perguruan tinggi. Komunikasi yang efektif antara pihak perguruan tinggi dan alumni secara akan memberikan nilai tambah bagi perguruan tinggi, terutama dalam hal promosi.

(5). Administrasi Akademik

Proses administrasi akademik perguruan tinggi mencakup segala proses yang mendukung kelancaran proses pembelajaran oleh mahasiswa. Proses administrasi akademik antara lain meliputi proses pemilihan matakuliah dan dosen oleh mahasiswa, proses bimbingan akademik, proses

administrasi ujian mahasiswa hingga proses pendistribusian nilai akademik yang diperoleh mahasiswa.

Untuk mengelola proses administrasi akademik, perguruan tinggi umumnya memiliki bagian atau biro tersendiri. Bagian atau biro tersebut bertanggung jawab penuh terhadap segala bentuk administrasi akademik mahasiswa dan harus berkoordinasi dengan pihak fakultas sebagai salah satu penentu kebijakan akademis di perguruan tinggi. Selain itu, beberapa perguruan tinggi juga mengangkat dosen penasehat akademik (PA) yang bertugas memberikan bimbingan akademis secara menyeluruh kepada mahasiswa.

(6). Proses Wisuda (Kelulusan)

Proses wisuda atau kelulusan mahasiswa merupakan proses akhir yang ditempuh oleh mahasiswa dalam rangkaian proses pembelajaran di perguruan tinggi. Untuk menjamin kualitas lulusan, perguruan tinggi umumnya memiliki persyaratan tertentu bagi mahasiswa yang berhak lulus. Persyaratan tersebut umumnya terkait dengan persyaratan akademis seperti jumlah minimal SKS (Sistem Kredit Semester) yang harus ditempuh, nilai minimal yang harus diperoleh serta persyaratan administrasi lainnya.

Setelah memenuhi semua persyaratan kelulusan, mahasiswa berhak diwisuda dan berhak memperoleh ijazah sebagai tanda sah sudah menempuh pendidikan di perguruan tinggi yang bersangkutan. Mahasiswa juga akan memperoleh gelar kesarjanaan sesuai dengan jenjang dan bidang ilmu (program studi) yang dipilihnya.

(7). Pengelolaan SDM

Pengelolaan SDM atau sumber daya manusia merupakan proses yang mendukung proses utama di perguruan tinggi. Pengelolaan SDM yang baik menjadi faktor yang penting karena salah satu penentu keberhasilan proses pendidikan adalah sumber daya manusia di dalamnya. Sumber daya manusia

yang dimaksud adalah para dosen, pegawai dan pejabat di perguruan tinggi. Pengelolaan SDM yang baik akan meningkatkan kualitas dan etos kerja seluruh komponen di dalamnya, sehingga secara langsung atau tidak akan turut menentukan keberhasilan proses pendidikan.

Pengelolaan SDM meliputi proses yang dimulai dari penerimaan pegawai maupun dosen, pengelolaan tugas dan wewenang pegawai, pengawasan pegawai hingga proses penggajian pegawai. Penentuan pejabat yang menduduki posisi strategis akan menentukan arah kebijakan yang ditempuh oleh perguruan tinggi dalam proses pendidikan. Hal tersebut tentu akan sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses pendidikan itu sendiri.

(8). Pengelolaan Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana merupakan komponen penting yang mendukung keberhasilan proses pendidikan secara keseluruhan. Tersedianya sarana dan prasarana pendidikan yang memadai, nyaman dan berkualitas akan mempengaruhi kelancaran pendidikan mahasiswa. Sarana dan prasarana yang umumnya disediakan oleh perguruan tinggi untuk mendukung proses pendidikan adalah perpustakaan, laboratorium, akses *internet*, sarana olah raga, sarana ibadah dan sarana pendukung lainnya.

(9). Pengelolaan Keuangan

Proses pendidikan di perguruan tinggi memerlukan dukungan biaya yang tidak sedikit. Biaya diperlukan mulai dari penyediaan sarana dan prasarana fisik seperti gedung perkuliahan, laboratorium dan perpustakaan, hingga biaya dalam proses penyelenggaraan pendidikan seperti untuk biaya administrasi dan dosen pengajar. Dengan demikian, pengelolaan keuangan yang baik oleh perguruan tinggi menjadi faktor pendukung yang cukup penting dan berpengaruh dalam proses pendidikan.

(10). Pengelolaan Sistem Informasi

Sistem informasi dan teknologi informasi saat ini sudah menjadi komponen yang sangat penting dalam mendukung keberhasilan proses pendidikan. Semua proses pendidikan mulai dari pendaftaran hingga kelulusan akan berjalan secara lebih baik dan efektif dengan adanya dukungan sistem informasi dan infrastruktur teknologi informasi yang baik. Oleh karena itu, banyak perguruan tinggi yang memiliki bagian atau biro khusus yang bertanggung jawab terhadap ketersediaan sistem informasi dan infrastruktur teknologi informasi di perguruan tinggi. Sistem informasi dan infrastruktur yang diperlukan bukan hanya untuk mendukung proses perkuliahan, namun juga untuk mendukung proses yang lain seperti pengelolaan SDM dan keuangan.

4.5. ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI

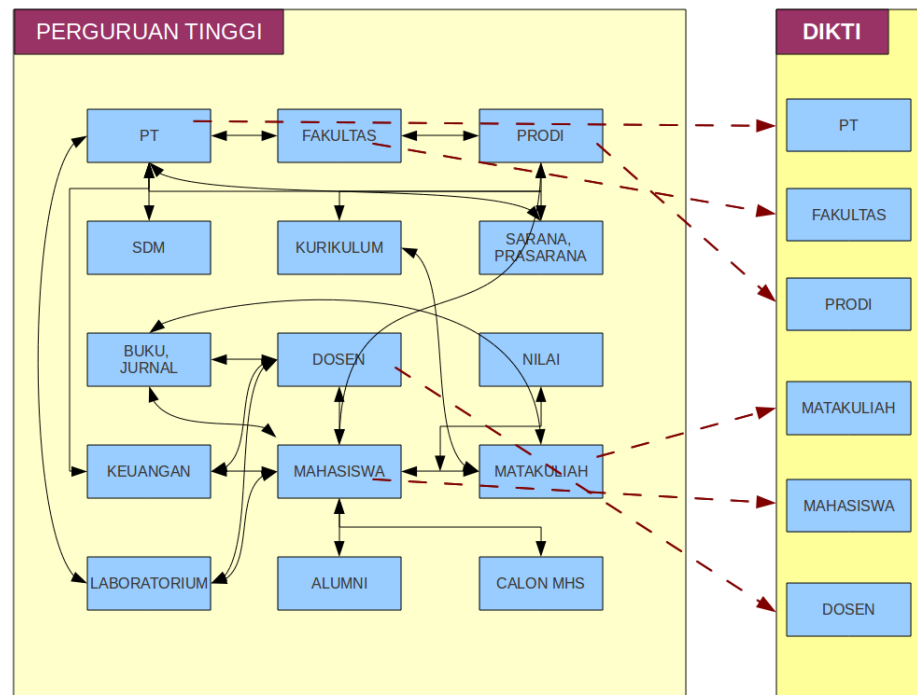
Dalam suatu organisasi, termasuk perguruan tinggi penerapan sistem informasi sangat diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi organisasi tersebut (Silver, Mark; Markus, M.; And Beath, 1995). Saat ini, banyak perguruan tinggi di Indonesia yang sudah menerapkan berbagai sistem informasi untuk memudahkan, mengefektifkan dan mengefisienkan setiap proses bisnis dalam perguruan tinggi yang bersangkutan.

Arsitektur Sistem Informasi (*Information Systems Architectures*) terbagi menjadi dua bagian, yaitu arsitektur data (*Data Architecture*) dan arsitektur aplikasi (*Application Architecture*). Arsitektur data menggambarkan struktur data dan penyimpanan serta keterkaitan antara satu data dengan data yang lain. Arsitektur aplikasi menggambarkan kondisi aplikasi yang digunakan di perguruan tinggi.

4.5.1. Arsitektur Data

Arsitektur data menggambarkan struktur data penyimpanan di suatu organisasi. Di dalam perguruan tinggi, terdapat beberapa pangkalan data

dasar antara lain data dosen, data mahasiswa, matakuliah dan sebagainya. Gambar berikut ini menggambarkan berbagai pangkalan data dan hubungan satu dengan yang lainnya.



Gambar di atas juga menggambarkan kondisi data yang tersebar di setiap perguruan tinggi. Saat ini untuk beberapa data, yaitu data perguruan tinggi, data fakultas, data program studi, data matakuliah, data dosen dan data mahasiswa secara berkala diintegrasikan dengan data di Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Perguruan tinggi harus melaporkan data tersebut dalam bentuk laporan EPSBED setiap semester. Proses pelaporan masih dilakukan secara manual melalui media fisik (*CD ROM*).

Setiap pangkalan data di dalam perguruan tinggi seperti tergambar dalam gambar di atas, memiliki hubungan satu dengan yang lainnya. Tanda panah penuh diantara yang menghubungkan antara dua data menandakan bahwa data yang bersangkutan memiliki ketergantungan. Sebagai contoh data perguruan tinggi dan data fakultas memiliki hubungan dimana setiap

perguruan tinggi dapat memiliki satu atau banyak fakultas (hubungan *1 to M*). Sedangkan panah dua arah menandakan bahwa hubungan yang terjadi saling mempengaruhi atau saling membutuhkan. Misalnya data dosen dan data mahasiswa, keduanya saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya.

Pada gambar tersebut juga terdapat garis hubungan antara pihak perguruan tinggi dengan pihak DIKTI yang terputus-putus serta hanya satu arah. Hubungan ini merupakan hubungan data yang tidak secara langsung dimana data dikonsolidasikan pada kurun waktu 6 (enam) bulan. Perubahan data di perguruan tinggi tidak secara langsung mengubah data di DIKTI. Sebaliknya, perubahan data di DIKTI tidak mempengaruhi data di perguruan tinggi sehingga tidak terdapat panah pada arah sebaliknya.

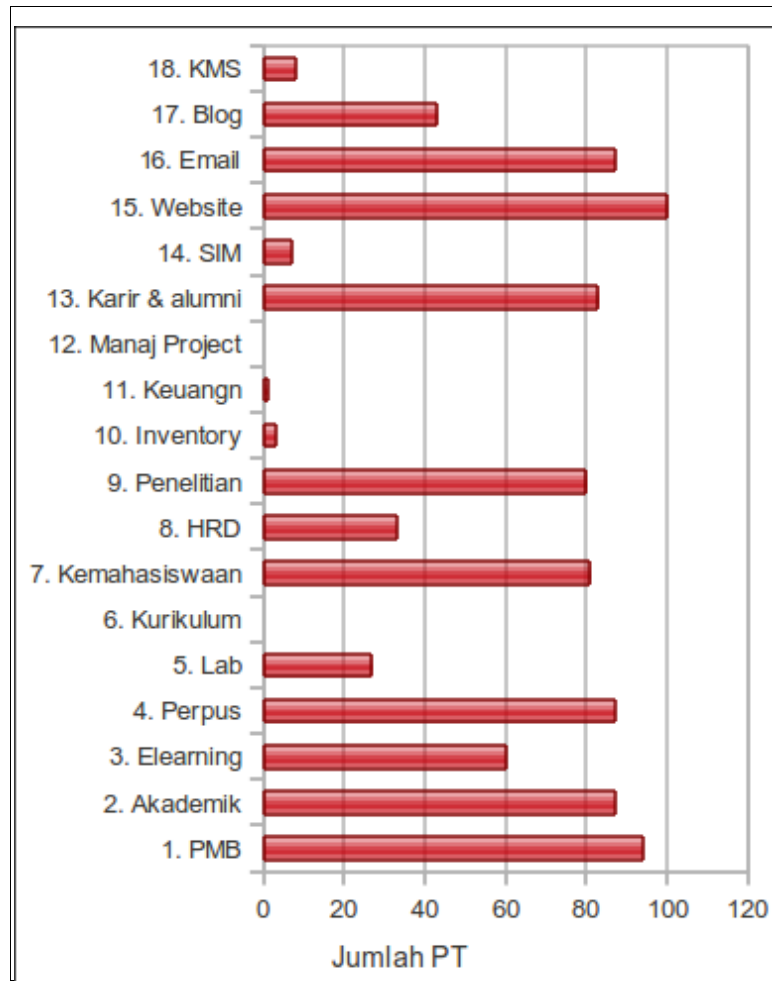
4.5.2. Arsitektur Aplikasi

Saat ini secara umum, hampir semua perguruan tinggi sudah memiliki berbagai aplikasi teknologi informasi yang membantu proses bisnis di perguruan tinggi yang bersangkutan. Aplikasi-aplikasi tersebut di dalam internal perguruan tinggi sebagian dibangun secara terpusat oleh perguruan tinggi, namun sebagian yang lain masih tersebar di setiap departemen atau unit-unit. Bentuk penyimpanan data juga banyak yang belum standar.

Untuk mendapatkan gambaran aplikasi yang ada di perguruan tinggi, dilakukan pengamatan terhadap website resmi 100 perguruan tinggi di Indonesia. Dalam pengamatan, pertama-tama dipilih sebanyak 18 aplikasi dan sistem informasi yang diasumsikan ada di perguruan tinggi. Berikut ini aplikasi tersebut:

1. Sistem Penerimaan Mahasiswa Baru
2. Sistem Informasi Akademik
3. *Learning Management System* atau Sistem *Elearning*
4. Sistem Informasi Perpustakaan atau *Digital Library System*.
5. Sistem Informasi Lab oratorium
6. Sistem Informasi Kurikulum

7. Sistem Informasi Kemahasiswaan
8. HRD atau Sistem Kepegawaian
9. Sistem Informasi Penelitian atau Jurnal
10. Sistem Inventaris Barang atau Sarana & Prasarana
11. Sistem Informasi Keuangan (*Payroll*)
12. Sistem Pengelolaan Proyek SI
13. Sistem Karir dan alumni
14. Sistem Informasi *Executive* atau *Management*
15. *Website* Perguruan Tinggi
16. *Email* untuk dosen atau mahasiswa
17. *Blog* dosen / mahasiswa
18. *Knowledge Management System*.



Pengamatan yang dilakukan hanya untuk melihat apakah sistem informasi atau aplikasi sudah ada (diterapkan) atau belum ada. Pengamatan tidak ditujukan untuk melihat tingkat keberhasilan penerapan sistem di perguruan tinggi. Berikut ini grafik hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap 100 perguruan tinggi di Indonesia.

Berikut ini penjelasan kondisi penerapan sistem informasi dan aplikasi di perguruan tinggi yang diamati.

4.5.2.1. Sistem Penerimaan Mahasiswa Baru

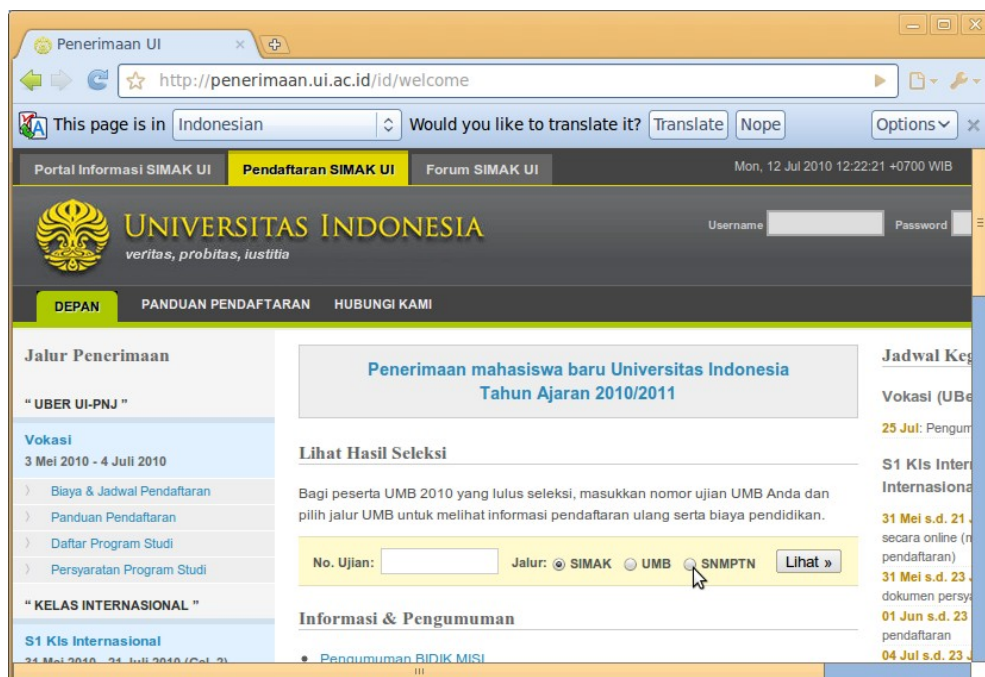
Sistem Penerimaan Mahasiswa Baru merupakan sistem informasi yang menangani proses pendaftaran mahasiswa baru di suatu perguruan

tinggi. Sistem penerimaan mahasiswa baru umumnya menangani proses pendaftaran, pembayaran pendaftaran, proses ujian saringan masuk dan penetapan kelulusan calon mahasiswa. Sistem PMB perguruan tinggi sebagian besar sudah dapat diakses secara *online* di situs resmi perguruan tinggi, sehingga akan lebih memudahkan calon mahasiswa untuk mendaftar di suatu perguruan tinggi.

Di dalam sistem informasi Penerimaan Mahasiswa Baru, terdapat beberapa fasilitas standard, antara lain:

- Fasilitas pendaftaran mahasiswa baru.
- Fasilitas informasi ujian saringan masuk.
- Fasilitas ujian saringan masuk yang diselenggarakan secara online (tidak semua perguruan tinggi).
- Fasilitas informasi kelulusan pendaftaran mahasiswa baru.
- Fasilitas pembayaran atau verifikasi pembayaran.

Berikut ini contoh tampilan sistem penerimaan mahasiswa baru yang diselenggarakan oleh salah satu universitas negeri di Indonesia.



Gambar 4.6 : Contoh Tampilan Sistem PMB

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa 94% perguruan tinggi telah memiliki sistem penerimaan mahasiswa baru. Sebagian perguruan tinggi membangun sistem PMB sendiri, namun terdapat juga perguruan tinggi yang menyelenggarakan penerimaan mahasiswa barunya secara bersama-sama dan menggunakan sistem PMB yang sama. Hal ini tentu akan menghemat biaya investasi yang harus dikeluarkan oleh perguruan tinggi.

4.5.2.2. Sistem Informasi Akademik

Sistem informasi akademik merupakan sistem informasi yang disediakan bagi pihak dosen, mahasiswa maupun administrasi akademik perguruan tinggi untuk membantu penanganan proses yang berhubungan dengan akademik. Proses akademik bagi mahasiswa antara lain proses pemilihan matakuliah (rencana studi), proses pemilihan kelompok, pendaftaran sidang, informasi mengenai nilai semester, informasi mengenai sejarah matakuliah yang pernah diambil hingga proses kelulusan mahasiswa.

Sebanyak 87% perguruan tinggi saat ini sudah memiliki sistem informasi akademik, namun masing-masing perguruan tinggi membangun sistemnya sendiri. Integrasi sistem antar perguruan tinggi sulit dilakukan karena perbedaan *platform* dan teknologi yang digunakan. Salah satu solusi terbaik untuk mengatasi kondisi tersebut adalah penerapan *web services* dan konsep *service oriented architecture* (SOA).

Berikut ini contoh fasilitas-fasilitas yang terdapat di sistem informasi akademik sebuah perguruan tinggi swasta di Indonesia.

Menu	Home
<p>Home</p> <p>Biodata</p> <ul style="list-style-type: none"> » Data Akademik » Profil <p>Akademik Online</p> <ul style="list-style-type: none"> » Jadwal Kuliah » Nilai Semester » HSK Online » Hist. Pembayaran » Jadwal Seminar KKP » Cetak KST <p>Transaksi Online</p> <ul style="list-style-type: none"> » KRSS Online » KPRS Online » Pendaftaran Bimbingan Terstruktur » Bimb. Terstruktur » Daftar Ulang Bimb. Terstruktur » Daftar Sidang TA » Jadwal Sidang » Pendaftaran KKP » Cetak Bukti Pendaftaran KKP 	<p>Selamat datang, Bayu Sudewo (b_sudevvo@hotmail.com)</p> <p style="background-color: orange; text-align: center; padding: 2px;">ANDA TELAH LULUS TEORI PADA TANGGAL `30-08-2004`</p> <p>Gunakan menu disebelah kiri Anda untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Home - Halaman depan Anda. ■ Biodata <ul style="list-style-type: none"> • Data Akademik - Data Anda yang terdaftar di Universitas Budi Luhur. • Ganti Password - Ganti Password dan data Anda yang terdaftar di web site Universitas Budi Luhur. ■ Akademik Online <ul style="list-style-type: none"> • Jadwal Kuliah - Untuk melihat jadwal kuliah Anda. • Nilai Semester - Untuk melihat nilai semester yang sudah pernah Anda ambil. • HSK Online - Daftar hasil studi kumulatif. • Hist. Pembayaran - Daftar history pembayaran kuliah Anda ■ Transaksi Online <ul style="list-style-type: none"> • KPRS - Kartu Perubahan Rencana Studi Online; Gunakan untuk mengubah kelompok matakuliah yang akan Anda ambil. • Bimb. Terstruktur - Pilih dosen pembimbing Tugas Akhir Anda dengan fasilitas ini. • Daftar sidang - pendaftaran sidang tugas akhir bagi mahasiswa FTI • Jadwal Sidang - melihat jadwal sidang tugas akhir

4.5.2.3. Learning Management System

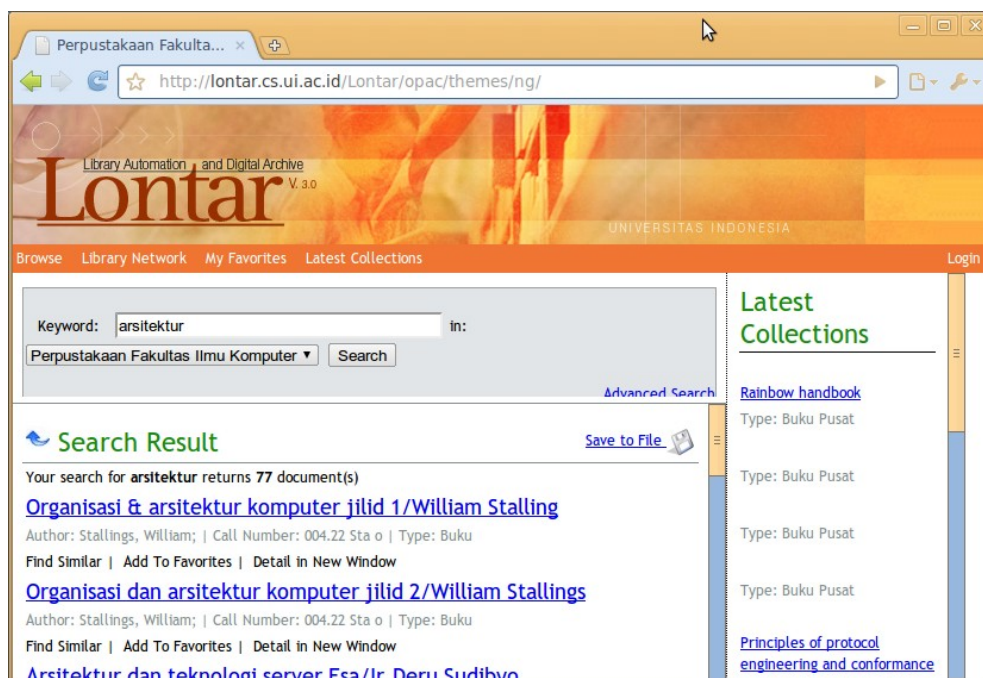
Learning Management System (LMS) merupakan suatu aplikasi yang dirancang untuk membantu proses pembelajaran secara elektronik atau sering disebut sebagai *e-learning*. Karakteristik utama dari LMS antara lain kemudahan interaksi dan komunikasi antara dosen atau pengajar dengan mahasiswa atau pelajar. Interaksi tersebut dapat berupa *sharing* bahan pembelajaran, penyelenggaraan evaluasi belajar serta interaksi melalui diskusi dan *chatting*. Semua proses yang terjadi dalam LMS dapat dilakukan secara *online*, tanpa harus terjadi tatap muka antara dosen, mahasiswa maupun pihak yang terlibat di dalamnya.



Saat ini sekitar 60% perguruan tinggi telah memiliki LMS sendiri. Sebagian besar diantaranya menggunakan LMS *open source* seperti *Moodle*, *dokeOS* atau *ATutor*, namun sebagian yang lain membangun LMS-nya sendiri. Jika dilihat dari penerapannya, saat ini sebagian besar LMS di perguruan tinggi masih digunakan sebagai *repository* atau penyimpanan bahan perkuliahan saja. LMS masih jarang yang digunakan sebagai sarana pembelajaran utama. Selain itu, *sharing* bahan perkuliahan antar perguruan tinggi juga belum terjadi.

4.5.2.4. Sistem Informasi Perpustakaan

Perpustakaan merupakan salah satu fasilitas penting yang selalu disediakan oleh perguruan tinggi. Perpustakaan merupakan pusat ilmu dan referensi yang dapat diakses dan dimanfaatkan oleh mahasiswa untuk membantu proses pembelajaran. Dengan demikian sistem informasi dalam proses pengelolaan perpustakaan sangat diperlukan.



Sistem informasi perpustakaan atau *library system* harus memiliki beberapa kemampuan dasar, antara lain manajemen koleksi buku, katalog, pencarian koleksi hingga proses peminjaman dan pengembalian. Saat ini sudah terdapat beberapa perguruan tinggi yang melakukan *sharing* koleksi perpustakaan. Dengan proses *sharing* tersebut, maka diharapkan koleksi perpustakaan akan makin kaya dan mahasiswa perguruan tinggi semakin mudah memperoleh bahan kuliah dan berbagai referensi.

4.5.2.5. Sistem Informasi Laboratorium

Kebutuhan akan sarana laboratorium di masing-masing perguruan tinggi berbeda, bahkan beberapa perguruan tinggi memang tidak memiliki laboratorium. Laboratorium di perguruan tinggi berfungsi sebagai pusat praktikum mahasiswa dan dosen sebagai pendukung proses pembelajaran. Dilihat dari jenisnya, laboratorium dapat terdiri dari laboratorium komputer, laboratorium fisika,

laboratorium arsitektur, laboratorium biologi, laboratorium kimia dan sebagainya.

Sistem informasi laboratorium di perguruan tinggi saat ini masih dikembangkan secara mandiri. Belum terdapat integrasi sistem informasi laboratorium antar perguruan tinggi, sehingga belum terdapat mekanisme *sharing* sumber daya dalam laboratorium.

4.5.2.6. Sistem Informasi Kurikulum

Kurikulum perguruan tinggi merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran. Kurikulum perguruan tinggi juga harus selaras dengan tujuan perguruan tinggi dan kebutuhan dunia industri agar lulusan perguruan tinggi siap berkompetisi di masyarakat. Kurikulum perguruan tinggi mencakup rancangan matakuliah yang disajikan ke mahasiswa beserta bagan prasyarat, silabus dan satuan acara pengajarannya.

Sistem informasi kurikulum diperlukan untuk menjamin kualitas kurikulum perguruan tinggi agar selalu selaras dengan tujuan perguruan tinggi dan juga kebutuhan dunia industri. Sistem informasi kurikulum mencakup penyajian kurikulum untuk pihak-pihak yang memerlukan kurikulum seperti mahasiswa, dosen, fakultas dan pihak manajemen perguruan tinggi. Sistem juga harus dapat mengakomodasi proses perubahan kurikulum.

4.5.2.7. Sistem Informasi Kemahasiswaan

Sistem informasi kemahasiswaan mengelola informasi yang berhubungan dengan kegiatan kemahasiswaan termasuk menyediakan media komunikasi dan interaksi antar mahasiswa. Perguruan tinggi pada umumnya memiliki forum diskusi, *mailing list* atau email untuk menyediakan ruang komunikasi bagi mahasiswanya.

4.5.2.8. Sistem Informasi Kepegawaian

Sistem informasi kepegawaian atau *human resources management* merupakan sistem informasi yang mengelola data-data pegawai di suatu instansi. Sistem ini merupakan salah satu sistem pendukung di lingkungan perguruan tinggi, namun keberadaannya cukup penting terutama dalam menciptakan iklim kerja yang nyaman.

Sistem informasi kepegawaian di perguruan tinggi mencakup data karyawan (pegawai), dosen dan informasi struktur organisasi. Sebagian besar perguruan tinggi mengembangkan sistem informasi kepegawaiannya secara mandiri. Belum terdapat integrasi sistem ini antar perguruan tinggi.

4.5.2.9. Sistem Informasi Penelitian & Pengabdian Masyarakat

Penelitian dan pengabdian masyarakat merupakan dua hal yang menjadi bagian dari tiga proses utama di perguruan tinggi. Antara penelitian dan pengabdian masyarakat sangat erat kaitannya. Penelitian berusaha untuk menyelesaikan suatu persoalan dengan langkah-langkah terstruktur dan ilmiah. Sedangkan pengabdian masyarakat merupakan suatu usaha untuk mengabdikan atau menerapkan hasil penelitian dan ilmu pengetahuan demi kepentingan masyarakat.

Sistem informasi yang diperlukan untuk mengefektifkan kedua proses tersebut haruslah dapat mencatat dan mengelola berbagai penelitian yang telah dilakukan maupun yang akan dilaksanakan. Selain itu, sistem informasi penelitian juga sering dikaitkan dengan adanya sistem informasi jurnal (*e-journal*) dan sistem informasi perpustakaan (*e-library*). *E-journal* dan *e-library* dalam hal penelitian diperlukan sebagai pusat pencarian referensi dan bahan penelitian.

4.5.2.10. Sistem Informasi Inventaris Barang

Sarana dan prasarana pendidikan yang dimiliki oleh perguruan tinggi perlu dikelola dengan baik agar proses belajar mengajar dapat berjalan dengan baik. Pengelolaan sarana dan prasarana dapat memanfaatkan sistem informasi inventaris sarana dan prasarana.

4.5.2.11. Sistem Informasi Keuangan

Sistem informasi keuangan merupakan sistem informasi yang dibangun untuk membantu pengelolaan keuangan perguruan tinggi. Manfaat utama dari penerapan sistem ini adalah meningkatkan tingkat akuntabilitas dan kepercayaan dari konsumen baik secara internal maupun eksternal. Yang dimaksud konsumen internal adalah karyawan, dosen dan mahasiswa, sedangkan konsumen eksternal terdiri dari dunia industri, masyarakat dan pemerintah.

4.5.2.12. Sistem Informasi Manajemen *Project*

Sistem informasi manajemen project atau pengelolaan project sangat diperlukan jika perguruan tinggi berkomitmen untuk membangun berbagai sistem informasinya sendiri (*in house development*). Sistem informasi ini mengatur *project* mulai dari proses perencanaan, pembagian tugas, kontroling hingga proses evaluasi *project*. Saat ini belum banyak perguruan tinggi yang sudah memiliki sistem informasi ini.

4.5.2.13. Sistem Informasi Alumni dan Karir

Sistem informasi alumni dan karir juga cukup diperlukan oleh perguruan tinggi untuk menjaga hubungan yang baik dengan alumni perguruan tinggi. Sistem ini akan mengelola data mahasiswa yang sudah lulus (alumni). Untuk membantu alumni perguruan tinggi yang bersangkutan dalam memperoleh pekerjaan yang diinginkan, maka

biasanya disediakan suatu sistem yang menampilkan informasi lowongan pekerjaan dan kualifikasinya. Selain itu, sistem informasi alumni dan karir juga dapat dimanfaatkan untuk menyebarkan *survey* untuk mengukur keberhasilan perguruan tinggi terutama dalam kaitannya dengan alumni.

4.5.2.14. Sistem Informasi Lainnya

Selain berbagai sistem informasi di atas, di perguruan tinggi juga terdapat beberapa sistem informasi dan aplikasi lainnya yang dibangun untuk mendukung proses bisnis perguruan tinggi. Sistem informasi dan aplikasi tersebut antara lain:

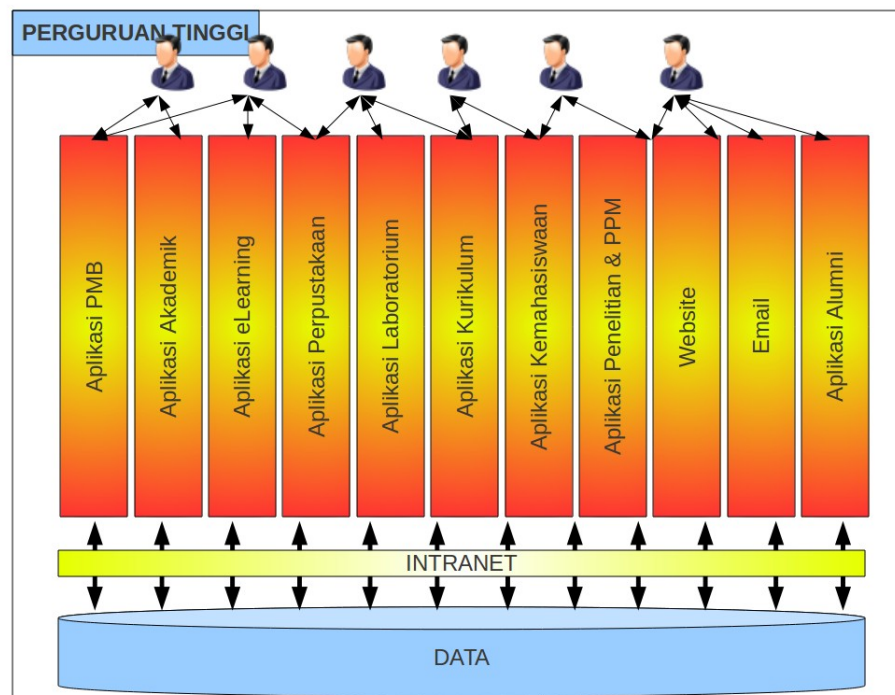
1. **Sistem Informasi Manajemen** atau **Sistem Informasi *Executive*** yang dapat digunakan untuk membantu pihak manajemen dalam mendapatkan berbagai bentuk laporan tentang perguruan tinggi.
2. ***Knowledge Management System***. Bagi perguruan tinggi, KMS merupakan hal yang cukup penting. KMS bagi perguruan tinggi dapat digunakan untuk menyimpan pengetahuan dari para karyawan, dan membagi berbagai pengetahuan untuk karyawan lainnya. Salah satu manfaat penerapan KMS adalah mencegah hilangnya pengetahuan (*knowledge*) saat seorang karyawan pindah atau keluar dari perguruan tinggi.
3. **Sistem Pelaporan Akademik**. Pengelolaan perguruan tinggi di Indonesia berada di bawah pengawasan dan monitoring Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI). Salah satu bentuk wujud fungsi pengawasan yang dilakukan pemerintah dalam hal ini DIKTI adalah peraturan yang mengharuskan seluruh perguruan tinggi secara berkala melaporkan kondisi akademik di seluruh program studinya. Pelaporan tersebut biasanya disebut EPSBED (Evaluasi Program Studi Berdasarkan Evaluasi Diri). Laporan EPSBED harus dilaksanakan setiap semester atau dua kali dalam

setahun. Untuk mendukung kelancaran pelaporan tersebut, beberapa perguruan memiliki sistem pelaporan akademik yang berusaha menyajikan laporan kondisi akademik yang terintegrasi dengan sistem di perguruan tinggi. Sistem pelaporan akademik dapat diperuntukkan untuk keperluan pelaporan EPSBED maupun untuk disajikan ke masyarakat.

4. **Website**, yang dirancang untuk menyajikan berbagai informasi terkini dari perguruan tinggi yang perlu diketahui oleh masyarakat.
5. **Email**. Fasilitas email merupakan aplikasi yang cukup penting sebagai media komunikasi dan interaksi antara seluruh pihak dalam perguruan tinggi.

Jika dilihat dalam lingkup yang lebih luas yaitu antar perguruan tinggi, maka banyak aplikasi yang dikembangkan belum terintegrasi. Perguruan tinggi satu dengan yang lainnya belum melakukan pembagian sumber daya, aplikasi maupun data. Dengan demikian jika dilihat secara nasional, terdapat banyak *redundancy* sistem informasi yang terjadi di lingkungan perguruan tinggi.

Gambar berikut ini menggambarkan arsitektur aplikasi yang ada di perguruan tinggi. Terlihat bahwa setiap aplikasi dikembangkan secara internal di perguruan tinggi. Beberapa perguruan tinggi sudah menerapkan penyimpanan data yang terpusat namun banyak perguruan tinggi yang masih menyimpan data di lokasi yang tersebar.



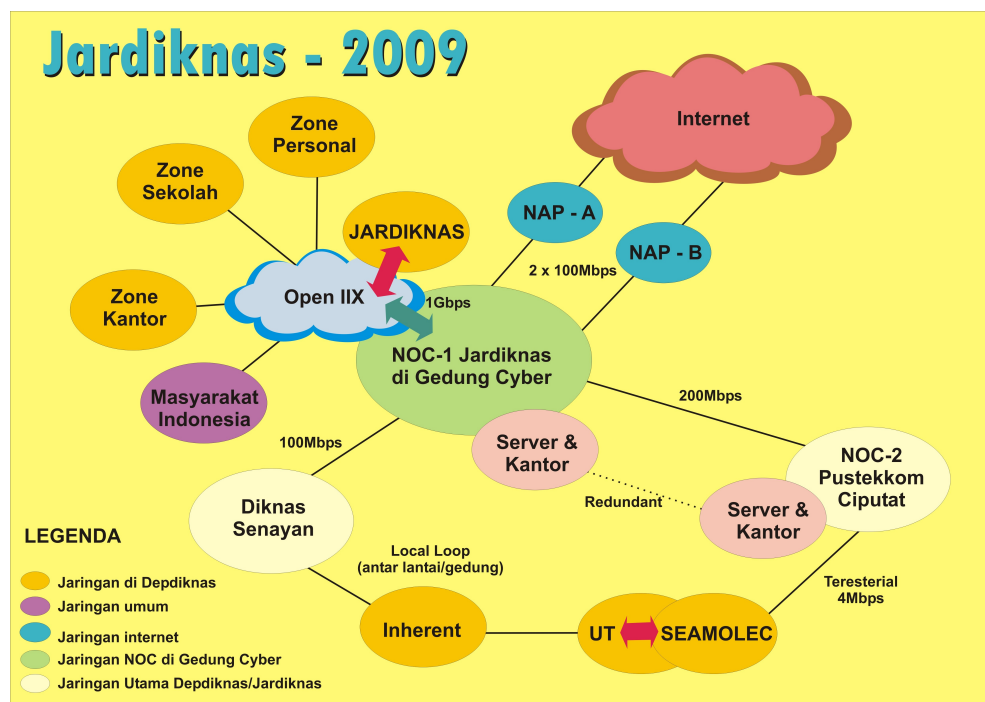
4.6. ARSITEKTUR TEKNOLOGI

Salah satu tujuan strategis Departemen Pendidikan Nasional yang disebutkan dalam Rencana Strategis Kementerian Pendidikan Nasional 2010-2014 adalah tersedia dan terjangkaunya layanan pendidikan tinggi yang berkualitas di semua propinsi di Indonesia. Salah satu strategi yang ditempuh Depdiknas untuk mewujudkan tujuan tersebut adalah pembangunan jejaring pendidikan nasional (Jardiknas).

Jejaring Pendidikan Nasional (Jardiknas) merupakan program pengembangan infrastruktur jaringan online skala nasional (*National Wide Area Network*) yang dibangun oleh Depdiknas. Program Jardiknas bertujuan untuk menghubungkan antar institusi dan komunitas pendidikan se-Indonesia, termasuk institusi pendidikan tinggi. Jardiknas merupakan salah satu program strategis pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk dunia Pendidikan di

Indonesia. Dengan tersedianya infrastruktur jaringan *online* diharapkan dapat mempercepat pengembangan integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi di dalam pendidikan untuk kemajuan Pendidikan Indonesia saat ini dan di masa depan.

Berikut ini skema infrastruktur Jaringan Pendidikan Nasional yang sudah dibangun oleh pemerintah saat ini.



Gambar 4.11: Skema Jardiknas Tahun 2009 (DIKTI, 2009)

Institusi pendidikan tinggi merupakan bagian dari sasaran pendidikan nasional. Dengan demikian, institusi pendidikan tinggi juga turut berperan aktif dalam memanfaatkan program pengembangan Jaringan pendidikan nasional (Jardiknas). Pemerintah juga menetapkan beberapa program dan arah kebijakan perguruan tinggi yang berkaitan dengan pengembangan dan perluasan pendidikan dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komputer.

Mengacu pada Strategi Jangka Panjang Pendidikan Tinggi (*Higher Education Long Term Strategy*, HELTS) 2003-2010, arah pengembangan arah

pengembangan pendidikan tinggi adalah untuk meningkatkan daya saing bangsa yang dilandasi oleh adanya otonomi penyelenggaraan pendidikan dan kesehatan organisasi. Oleh karena itu, institusi pendidikan tinggi diharapkan mampu meningkatkan kualitasnya melalui berbagai program pengembangan secara mandiri maupun berbagai program yang difasilitasi oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI).

Salah satu program pemerintah yang dicanangkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) adalah program pengembangan sistem dan jaringan informasi seluruh perguruan tinggi di Indonesia. Program tersebut dikenal dengan nama INHERENT atau *Indonesian Higher Education Network*. INHERENT diluncurkan pertama kali di tahun 2006. Sasaran utama dari program tersebut adalah menghubungkan seluruh perguruan tinggi di Indonesia sehingga akan mendorong proses pertukaran ilmu pengetahuan dan pemerataan akses pendidikan di seluruh Indonesia.

Pembangunan infrastruktur jaringan INHERENT pada tahun 2009 sudah mencakup 33 simpul yang terdiri dari 32 simpul perguruan tinggi dan satu simpul terletak di Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Tabel 4.2 menyajikan 33 simpul perguruan tinggi yang mewakili hampir setiap kota atau propinsi di Indonesia.

Tabel 4.2: Simpul Jaringan INHERENT Tahun 2009
(sumber: inherent.depdiknas.org)

Perguruan Tinggi	Kota/Propinsi
1. Universitas Syiah Kuala	Banda Aceh/NAD
2. Universitas Sumatera Utara	Medan/Sumatera Utara
3. Universitas Riau	Pekanbaru/Riau
4. Universitas Andalas	Padang/Sumatera Barat
5. Universitas Jambi	Jambi/Jambi
6. Universitas Sriwijaya	Palembang/Sumatera Selatan
7. Universitas Bengkulu	Bengkulu/Bengkulu
8. Universitas Lampung	Bandar Lampung/Lampung
9. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Tangerang/Banten
10. Universitas Indonesia	Jakarta/DKI
11. Institut Teknologi Bandung	Bandung/Jawa Barat
12. Universitas Gadjah Mada	Yogyakarta/Jogjakarta
13. Universitas Diponegoro	Semarang/Jawa Tengah
14. Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Surabaya/Jawa Timur
15. Universitas Brawijaya	Malang/Jawa Timur
16. Universitas Udayana	Denpasar/Bali
17. Universitas Mataram	Mataram/NTB
18. Universitas Nusa Cendana	Kupang/NTT
19. Universitas Tanjungpura	Pontianak/Kalimantan Barat
20. Universitas Lambung Mangkurat	Banjarmasin/Kalimantan Selatan
21. Universitas Palangkaraya	Palangkaraya/Kalimantan Tengah
22. Universitas Mulawarman	Samarinda/Kalimantan Timur
23. Universitas Hasanuddin	Makassar/Sulawesi Selatan
24. Universitas Tadulako	Kendari/Sulawesi Tenggara
25. Universitas Haluoleo	Palu/Sulawesi Tengah
26. Universitas Sam Ratulangi	Manado/Sulawesi Utara
27. Universitas Negeri Gorontalo	Gorontalo/Gorontalo
28. Universitas Pattimura	Ambon/Maluku
29. Universitas Khairun	Ternate/Maluku Utara
30. Universitas Cendrawasih	Jayapura/Papua
31. Universitas Negeri Papua	Manokwari/Irian Jaya Barat
32. Universitas Terbuka	Jakarta/DKI
33. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi	Jakarta/DKI

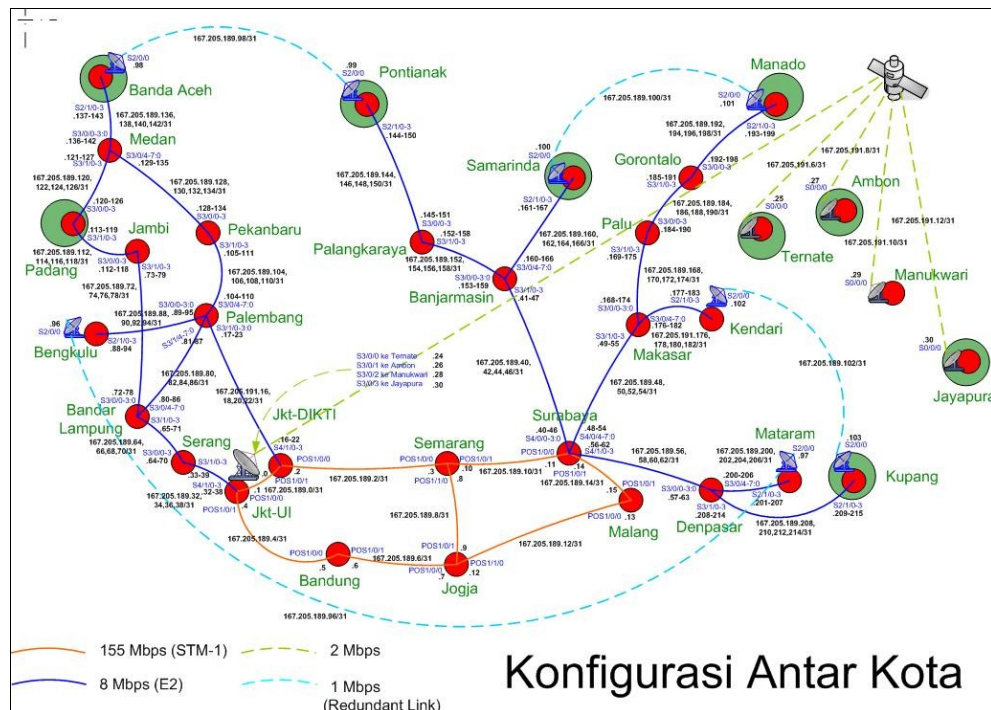
Sedangkan jika dilihat dari jumlah link yang sudah dibangun, saat ini sudah terdapat 62 *link* jaringan yang menghubungkan perguruan tinggi satu dengan yang lainnya. Dari 62 *link* jaringan tersebut, terbagi dalam beberapa kategori kecepatan. Sebanyak 8 *link* memiliki kecepatan hingga 155 Mbps, yaitu link yang menghubungkan kampus Universitas Indonesia, Universitas Gadjah Mada, ITB, ITS, UNIBRAW, UNDIP dan DIKTI. Selanjutnya sebanyak 29 *link* yang tersebar di pulau Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Bali dan Nusa Tenggara memiliki kecepatan akses 8 Mbps. Sisanya merupakan simpul-simpul lokal yang menghubungkan beberapa perguruan tinggi dengan kecepatan hingga 2 Mbps.

Pada gambar berikut ini digambarkan mengenai kota-kota yang telah terhubung beserta skema dan konfigurasi jaringan INHERENT yang telah terbentuk saat ini.



Skema link Inherent

Walaupun sudah cukup lama diluncurkan, namun pemanfaatan jaringan INHERENT masih kurang optimal. Dalam program INHERENT ini, Pemerintah (DIKTI) hanya menyediakan akses jaringan informasi sedangkan pemanfaatan dan pengembangan *content* (isi) diharapkan dapat dilakukan secara mandiri oleh setiap perguruan tinggi di Indonesia. Namun saat ini belum banyak perguruan tinggi di Indonesia yang turut berperan aktif dalam mengembangkan *content* dan layanan yang memanfaatkan jaringan INHERENT.



Perguruan tinggi seperti Universitas Indonesia, Universitas Gadjah Mada, Universitas Brawijaya, ITB dan ITS merupakan beberapa perguruan tinggi yang cukup aktif mengembangkan dan memanfaatkan jaringan INHERENT. Kelima universitas tersebut saat ini telah mengembangkan beberapa *content* pendidikan yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan pendidikan. Sebagai contoh, UGM mengembangkan *i-elisa* yang merupakan aplikasi *Learning Management System*, ITB memiliki SOI (*School on Internet*) yang merupakan portal aplikasi yang menyediakan akses pendidikan tanpa batasan geografis.

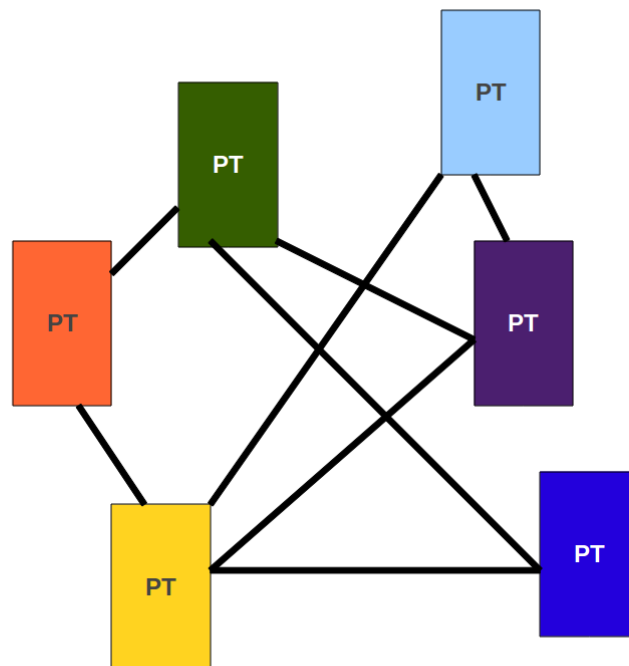
Pengembangan *content* pendidikan yang dilakukan oleh beberapa perguruan tinggi di atas sudah cukup baik, namun masih memiliki kelemahan dimana belum adanya koordinasi dan integrasi yang baik dengan perguruan tinggi yang lainnya. Masing-masing perguruan tinggi mengembangkan aplikasi e-learningnya sendiri. Perguruan tinggi lainnya yang ingin menerapkan e-learning seharusnya tidak perlu membangunnya dari awal, mulai dari infrastruktur hingga sistem aplikasinya. Seharusnya perguruan tinggi dapat menggunakan aplikasi yang sudah dikembangkan oleh perguruan tinggi lainnya sesuai dengan kebutuhannya.

Institusi pendidikan di Indonesia, termasuk perguruan tinggi memiliki model arsitektur teknologi informasi yang sangat beragam. Dalam mengembangkan arsitektur teknologinya, beberapa perguruan tinggi menggunakan *Zachman Framework*, beberapa yang lainnya menggunakan TOGAF dan bahkan sebagian besar perguruan tinggi di Indonesia tidak memiliki model atau perencanaan pengembangan arsitektur teknologi informasi. Akibatnya sistem informasi yang dihasilkan memiliki banyak kelemahan, terutama jika harus diintegrasikan dengan sistem informasi atau aplikasi lainnya.

Jika dilihat dari lingkup yang lebih besar lagi yaitu dalam lingkup antar perguruan tinggi di Indonesia, maka sangat jelas terlihat belum terdapat integrasi yang baik antar perguruan tinggi. Masing-masing perguruan tinggi mengembangkan sistem informasi menggunakan model arsitekturnya sendiri, sehingga saat harus diintegrasikan dengan perguruan tinggi yang lain akan mengalami kendala.

Beberapa perguruan tinggi seperti Universitas Indonesia, ITB dan Universitas Diponegoro memang sudah berusaha melakukan proses integrasi sistem informasi. Sebagai contoh dalam proyek GARUDA (Garba Rujukan Digital) yang berusaha menyatukan berbagai bentuk referensi digital yang berada di berbagai lokasi. Pengunjung baik dari kalangan dosen, mahasiswa, akademisi maupun masyarakat luas hanya cukup mengakses satu portal jika ingin mencari referensi ilmiah. Aplikasi akan melakukan pencarian ke seluruh sumber-sumber referensi digital yang sudah terhubung dengan sistem GARUDA.

Walaupun sudah terjadi proses integrasi sistem, proyek GARUDA masih memiliki beberapa kendala terutama masalah ketidakseragaman bentuk dan metadata di masing-masing sumber data. Di samping itu, integrasi antar perguruan tinggi dalam proyek GARUDA baru pada sistem perpustakaan digital, masih banyak sistem informasi lainnya yang belum terintegrasikan. Sebagai contoh sistem informasi akademik dan sistem informasi penerimaan mahasiswa baru.



Jadi dapat disimpulkan bahwa model integrasi antar perguruan tinggi di Indonesia masih dalam lingkup yang terbatas. Mungkin beberapa perguruan tinggi sudah terintegrasi untuk sistem informasi tertentu, namun masih terdapat ratusan perguruan tinggi lainnya yang masih belum terintegrasi. Secara sederhana, model integrasi yang terjadi di perguruan tinggi saat ini dapat digambarkan sebagai berikut.

Model integrasi atau kerja sama antar perguruan tinggi tersebut memiliki banyak kelemahan. Beberapa kelemahan pola integrasi dan pengembangan sistem informasi seperti pada gambar adalah:

- Tidak efektif, baik dari sisi pengembangannya maupun pengelolaannya. Jika terdapat dua perguruan tinggi yang akan melakukan integrasi maka keduanya harus melakukan penyesuaian sistem informasi di tempatnya masing-masing

- Biaya pengembangan tinggi karena untuk menghubungkan beberapa perguruan tinggi harus membangun jaringan atau konektivitas ke masing-masing perguruan tinggi.
- Rumit tata kelolanya karena jika terjadi perubahan sistem informasinya, perguruan tinggi juga harus melakukan konsolidasi dengan perguruan tinggi lainnya yang terhubung.
- Implementasi relatif lama karena harus berkoordinasi dengan cukup banyak pihak
- Membutuhkan cukup banyak sumber daya terutama untuk mengelola sistem informasi di masing-masing perguruan tinggi
- Sulit direplikasi karena untuk membangun pola integrasi yang sama harus membangunnya dari awal.
- Dampak kurang signifikan karena hanya berdampak pada perguruan tinggi yang bersangkutan. Perguruan tinggi yang lainnya tidak dapat merasakan manfaatnya.

BAB 5

HASIL PENELITIAN

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan. Dengan memperhatikan kebutuhan akan sistem informasi dan layanan yang bersifat umum pada perguruan tinggi di Indonesia, selanjutnya akan digunakan *framework* perencanaan arsitektur TI berbasis *cloud computing* untuk menyusun model arsitektur TI pada perguruan tinggi di Indonesia. Model arsitektur yang dihasilkan akan diuji dengan cara membandingkan kelebihan dan kekurangan serta nilai investasi yang harus dikeluarkan dengan arsitektur teknologi informasi yang tidak menggunakan konsep *cloud computing*.

5.1. ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI

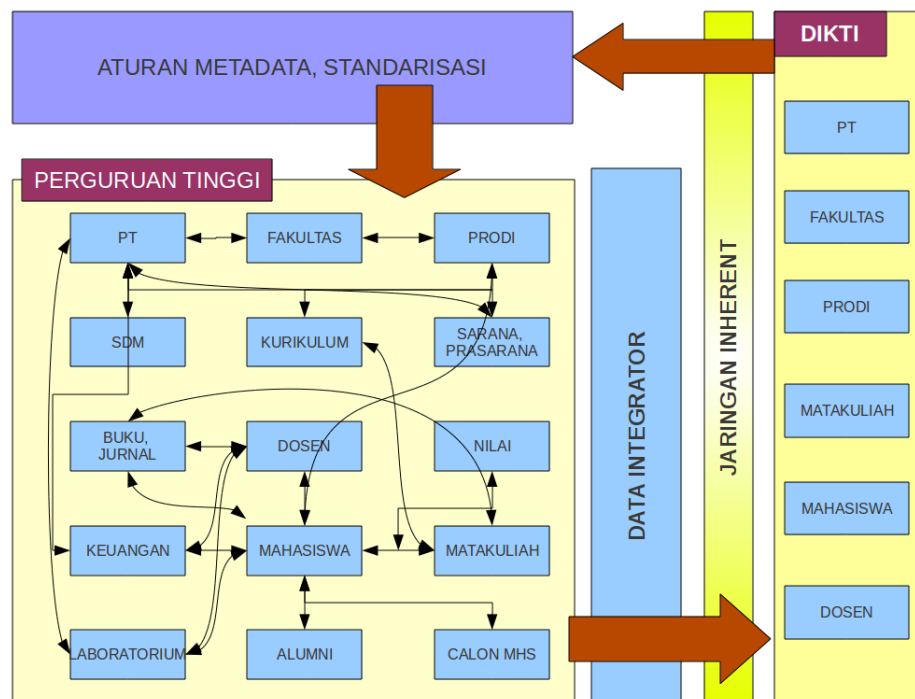
5.1.1. Arsitektur Data

Arsitektur data yang dibangun oleh perguruan tinggi sudah cukup baik, namun masih memiliki kelemahan jika harus diintegrasikan dengan data yang berasal dari perguruan tinggi lainnya. Dengan kata lain, struktur data yang dimiliki oleh perguruan tinggi masih belum siap untuk diintegrasikan (*lack of integration*). Oleh karena itu, diusulkan suatu arsitektur data yang mudah diintegrasikan satu sama lainnya.

Pada arsitektur data yang diusulkan, ditambahkan suatu komponen aturan standardisasi struktur data (meta data). Aturan ini ditetapkan oleh pemerintah yaitu DIKTI, dan harus dipatuhi oleh seluruh perguruan tinggi. Dengan adanya standardisasi struktur data maka proses integrasi dapat diwujudkan dengan mudah.

Seperti pada arsitektur data yang berlaku saat ini, beberapa data penting seperti data dosen, mahasiswa dan data akademis lainnya harus dilaporkan ke Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI). Pelaporan

data tersebut masih dilakukan secara manual, sehingga muncul berbagai permasalahan. Permasalahan yang sering muncul antara lain media yang digunakan tidak terbaca oleh aplikasi di DIKTI sehingga pihak perguruan tinggi harus memperbaikinya terlebih dahulu. Selain itu, proses perubahan data tidak dapat dilakukan dengan cepat.



Pada arsitektur data baru, komunikasi dan konsolidasi data antara perguruan tinggi dan Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi (DIKTI) dilakukan melalui media jaringan INHERENT yang sudah ada saat ini. Melalui jaringan INHERENT, data akan lebih mudah dan cepat dipindahkan. Selain itu, perlu ditambahkan komponen *Data Integrator* yang bertugas mengambil data yang berada di perguruan tinggi untuk selanjutnya disesuaikan dengan struktur penyimpanan data yang dimiliki oleh DIKTI.

Agar terjadi keseragaman struktur data di perguruan tinggi maka DIKTI sebagai penentu kebijakan di perguruan tinggi disarankan untuk menetapkan kebijakan terkait standardisasi struktur data atau metadata

dalam pembangunan sistem informasi. Perguruan tinggi yang akan mengembangkan suatu sistem informasi atau aplikasinya sendiri harus menggunakan standardisasi yang sudah ditetapkan. Dengan adanya standardisasi, maka proses integrasi dan konsolidasi data baik antar perguruan tinggi maupun dengan DIKTI dapat terjadi dengan mudah.

Berikut ini contoh metadata untuk data dosen dan mahasiswa yang telah diterapkan oleh DIKTI dalam aplikasi EPSBED.

DOSEN		MAHASISWA	
PERGURUAN TINGGI	GELAR AKADEMIK	PERGURUAN TINGGI	TAHUN MASUK
PROGRAM STUDI	TEMPAT LAHIR	PROGRAM STUDI	TEMPAT LAHIR
JENJANG	TANGGAL LAHIR	JENJANG	TANGGAL LAHIR
NOMOR KTP	JENIS KELAMIN	NO INDUK MHS	JENIS KELAMIN
NIDN	JABATAN AKADEMIK	ALAMAT	TAHUN LULUS
NAMA	STATUS DOSEN	NAMA	BATAS STUDI
		STATUS MAHASISWA	MHS PINDAHAN

Gambar 5.2. Contoh Metadata di Perguruan Tinggi

5.1.2. Arsitektur Aplikasi

Pada bagian sebelumnya sudah dilakukan analisis terhadap aplikasi yang ada di perguruan tinggi. Sasaran pengembangan arsitektur aplikasi adalah menentukan aplikasi yang akan diletakkan di dalam *cloud*. Aplikasi tersebut harus memiliki spesifikasi yang umum dan diterapkan di sebagian besar perguruan tinggi. Selain itu juga perlu diperhatikan nilai strategis dari masing-masing aplikasi.

5.1.2.1. Analisis Aplikasi dengan *McFarlan Grid*

Aplikasi atau sistem informasi tersebut di atas selanjutnya dipetakan berdasarkan karakteristik dan nilai strategis bagi perguruan

tinggi dengan menggunakan *McFarlan Strategic Grid* (McFarlan, 1984). *McFarlan Strategic Grid* membagi aplikasi menjadi 4 (empat) kelompok, yaitu *Support*, *Key Operational*, *Strategic* dan *High Potential*.

Support merupakan kelompok aplikasi yang membantu proses bisnis namun tidak *critical*, artinya tanpa keberadaan aplikasi tersebut proses bisnis masih dapat berjalan dengan baik. Contoh aplikasi yang termasuk dalam kelompok ini adalah adanya *email* bagi institusi pendidikan. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan terhadap 100 perguruan tinggi di Indonesia, sebanyak 87% sudah memiliki *email*. Namun demikian, dilihat dari fungsi utamanya yaitu sebagai alat komunikasi, keberadaan *email* bukanlah suatu keharusan di institusi perguruan tinggi. Dengan demikian, fasilitas *email* bagi perguruan tinggi merupakan fasilitas pendukung.

Key Operational merupakan kelompok aplikasi yang sangat kritis sedemikian hingga proses bisnis perusahaan tidak dapat berjalan tanpa keberadaan aplikasi pada kelompok ini. Contoh aplikasi di perguruan tinggi yang termasuk dalam kategori ini adalah sistem informasi akademik. Di dalam institusi perguruan tinggi, salah satu proses bisnis utamanya adalah pembelajaran. Proses pembelajaran akan berjalan dengan baik jika didukung oleh sistem informasi akademik yang baik. Salah satu bagian penting dari proses pembelajaran adalah proses evaluasi, sehingga jika proses evaluasi atau penilaian tidak berjalan dengan baik maka proses pembelajaran juga terganggu. Dengan demikian pengelolaan nilai yang merupakan bagian dari sistem informasi akademik merupakan fasilitas yang sangat mempengaruhi proses bisnis di perguruan tinggi.

Kelompok ketiga adalah sistem informasi yang bersifat *strategic*, yaitu sistem informasi yang keberadaannya saat ini memberikan nilai tambah atau keunggulan bagi perusahaan dan menjamin keberadaan

perusahaan di masa mendatang. *Knowledge Management System* (KMS) merupakan salah satu contoh sistem informasi yang termasuk dalam kelompok *strategic*. Saat ini, sistem informasi seperti KMS di perguruan tinggi belum banyak diterapkan. Berdasarkan hasil pengamatan, hanya 8% perguruan tinggi yang sudah menerapkan KMS.

Selanjutnya kelompok aplikasi yang keempat adalah aplikasi yang bersifat *High Potential* yaitu aplikasi yang memiliki potensi tinggi untuk menjamin kesuksesan perusahaan atau organisasi di masa mendatang. Aplikasi yang termasuk dalam kategori ini antara lain aplikasi *data mining* yang berusaha menggali potensi dan informasi strategis dari sekumpulan data yang telah ada.

Keempat kelompok sistem informasi tersebut dapat digambarkan dalam empat *grid* sebagai berikut:

STRATEGIC	HIGH POTENTIAL
Applications that critical to sustaining future business strategy	Applications that may be important in achieving future success
Applications on which the organization currently depends for success	Applications that are valuable but not critical to success
KEY OPERATION	SUPPORT

Gambar 5.3: McFarlan Strategic Grid (McFarlan, 1984)

Berdasarkan *McFarlan Strategic Grid* di atas, aplikasi di perguruan tinggi dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

STRATEGIC	HIGH POTENTIAL
SI Manajemen Project SI SI Executive Knowledge Management System	
SI Penerimaan Mhs Baru SI Akademik LMS (Elearning) SI Perpustakaan SI Laboratorium SI Kurikulum SI Penelitian & PPM SI Alumni dan Karir SI Laporan Akademik (EPSBED)	SI Kemahasiswaan SI Kepegawaian SI Inventory Barang SI Keuangan Website Email Blog
KEY OPERATION	SUPPORT

Berdasarkan hasil pemetaan aplikasi sistem informasi di perguruan tinggi yang disajikan dalam gambar di atas, terdapat beberapa aplikasi yang termasuk kategori *Support* yaitu Sistem Informasi Kemahasiswaan, SI Kepegawaian, SI Inventaris Barang, SI Keuangan, *Website*, *Email* dan *Blog*. Aplikasi-aplikasi tersebut cukup diperlukan di perguruan tinggi namun tidak terlalu mempengaruhi proses bisnis utama di perguruan tinggi.

Sedangkan pada kategori *Key Operational*, terdapat cukup banyak aplikasi sistem informasi, yaitu:

Tabel 5.1: Sistem Informasi Utama di Perguruan Tinggi

NO	SISTEM INFORMASI	KETERANGAN
1	SI PMB	Sistem Informasi Penerimaan Mahasiswa Baru

NO	SISTEM INFORMASI	KETERANGAN
2	SI Akademik	Sistem Informasi Akademik
3	LMS (Elearning)	LMS (Elearning)
4	SI Perpustakaan	Sistem Informasi Perpustakaan
5	SI Laboratorium	Sistem Informasi Laboratorium
6	SI Kurikulum	Sistem Informasi Kurikulum
7	SI Penelitian & PPM	Sistem Informasi Penelitian & PPM
8	SI Alumni Karir	Sistem Informasi Alumni dan Karir
9	SI EPSBED	SI Laporan Akademik (EPSBED)

Kesembilan aplikasi di atas merupakan aplikasi inti (utama) yang sudah seharusnya tersedia di setiap perguruan tinggi di Indonesia. Jika salah satu atau beberapa aplikasi tersebut tidak tersedia, maka proses bisnis perguruan tinggi akan terganggu atau mengalami hambatan. Oleh karena itu, sembilan aplikasi tersebut akan dijadikan layanan di dalam *cloud* untuk seluruh perguruan tinggi.

Sementara itu terdapat tiga sistem informasi yang termasuk dalam kategori *Strategic*, yaitu Sistem Informasi *Executive*, Sistem Informasi Manajemen *Project* dan *Knowledge Management System*. Penerapan sistem informasi tersebut akan meningkatkan daya saing (*competitive advantages*) bagi perguruan tinggi.

Sedangkan pada kelompok aplikasi yang bersifat *high potential*, tidak terdapat sistem informasi. Saat ini di perguruan tinggi secara umum belum memiliki suatu sistem informasi yang bersifat *high potential*. Dalam kaitannya dengan dunia pendidikan, terutama perguruan tinggi, aplikasi *high potential* merupakan suatu aplikasi yang dapat menjadi dasar bagi pemerintah atau perguruan tinggi dalam mengambil suatu kebijakan. Di lingkungan perguruan tinggi pemerintah yang diwakili oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi

sudah mulai merintis suatu aplikasi yang berpotensi besar dalam mendukung kebijakan pendidikan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi memiliki aplikasi EPSBED (Evaluasi Program Studi Berdasarkan Evaluasi Diri) yang dapat diakses di alamat <http://evaluasi.dikti.go.id>. Fasilitas yang tersedia di dalam aplikasi tersebut sudah cukup baik namun masih perlu dikembangkan lagi. Aplikasi EPSBED tersebut hanya menampilkan data statistik sederhana seperti jumlah perguruan tinggi dan penyebarannya untuk setiap daerah.

DIKTI sebagai suatu lembaga yang bertanggung jawab terhadap perguruan tinggi di Indonesia dapat mengembangkan suatu aplikasi yang bersifat strategis berdasarkan data yang sudah terkumpul di EPSBED. Data tersebut dapat diolah dengan menggunakan konsep *data mining* sehingga akan menghasilkan informasi atau *knowledge* yang berguna bagi pengambilan keputusan. Sebagai contoh, dari data penerimaan mahasiswa baru di seluruh perguruan tinggi di Indonesia, dapat digali beberapa informasi seperti *trend* pemilihan program studi oleh calon mahasiswa. Informasi tersebut dapat menjadi dasar pengambilan keputusan strategis bagi pemerintah, misalnya untuk proses pembinaan program studi.

Data pendukung lainnya yang dimiliki oleh perguruan tinggi seperti data penelitian juga dapat disatukan sehingga dapat dilakukan proses *mining* untuk menghasilkan informasi yang berguna bagi pemerintah maupun perguruan tinggi. Informasi yang berguna berhubungan dengan data penelitian antara lain informasi kecenderungan topik penelitian yang sedang banyak diambil saat ini. Kecenderungan tersebut tentu dapat mencerminkan tingkat perkembangan teknologi di Indonesia secara keseluruhan.

5.1.2.1. Analisis Aplikasi berdasarkan Standar Nasional Pendidikan

Sesuai dengan amanat Undang-undang Dasar 1945 dan Undang-undang nomor 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, pemerintah pada tahun 2005 menetapkan Peraturan Pemerintah nomor 19 mengenai Standar Pendidikan Nasional. Standar Nasional Pendidikan berfungsi sebagai dasar dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan pendidikan dalam rangka mewujudkan pendidikan nasional yang bermutu. Standar Nasional Pendidikan bertujuan menjamin mutu pendidikan nasional dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat.

Standar Nasional Pendidikan mencakup 8 (delapan) standar yaitu Standar Kompetensi Lulusan, Standar Isi, Standar Proses, Standar Pendidikan dan Tenaga Kependidikan, Standar Sarana dan Prasarana, Standar Pengelolaan, Standar Pembiayaan Pendidikan dan Standar Penilaian Pendidikan.

- **Standar Kompetensi Lulusan**

Standar kompetensi lulusan merupakan kualifikasi kemampuan lulusan yang mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan.

- **Standar Isi**

Standar isi adalah ruang lingkup materi dan tingkat kompetensi yang dituangkan dalam kriteria tentang kompetensi tamatan, kompetensi bahan kajian, kompetensi mata pelajaran, dan silabus pembelajaran yang harus dipenuhi oleh peserta didik pada jenjang dan jenis pendidikan tertentu. Di dalam institusi pendidikan, standar isi diwujudkan dalam bentuk kurikulum. Pada jenjang pendidikan dasar hingga menengah, sebagian besar isi kurikulum ditetapkan oleh pemerintah. Sedangkan pada jenjang pendidikan

tinggi isi kurikulum ditetapkan oleh perguruan tinggi masing-masing, walaupun terdapat beberapa isi kurikulum yang masih ditetapkan oleh pemerintah, misalnya setiap perguruan tinggi harus menyertakan pendidikan agama, bahasa dan kewarganegaraan dalam kurikulumnya.

- Standar Proses

Standar proses adalah standar nasional pendidikan yang berkaitan dengan pelaksanaan pembelajaran pada satu satuan pendidikan untuk mencapai standar kompetensi lulusan. Pada jenjang pendidikan tinggi, standar proses mengacu pada Undang-undang nomor 20 tahun 2003, dimana terdapat tiga proses utama yaitu pendidikan dan pengajaran, penelitian dan pengabdian pada masyarakat.

- Standar Pendidikan dan Tenaga Kependidikan

Standar pendidik dan tenaga kependidikan adalah kriteria pendidikan prajabatan dan kelayakan fisik maupun mental, serta pendidikan dalam jabatan. Selanjutnya, standar pendidikan dan tenaga kependidikan ini secara lebih rinci diatur dalam Undang-undang nomor 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.

- Standar Sarana dan Prasarana

Standar sarana dan prasarana adalah standar nasional pendidikan yang berkaitan dengan kriteria minimal tentang ruang belajar, tempat berolahraga, tempat beribadah, perpustakaan, laboratorium, bengkel kerja, tempat bermain, tempat berkreasi dan berekreasi, serta sumber belajar lain, yang diperlukan untuk menunjang proses pembelajaran, termasuk penggunaan teknologi informasi dan komunikasi.

- Standar Pengelolaan

Standar pengelolaan adalah standar nasional pendidikan yang berkaitan dengan perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan kegiatan pendidikan pada tingkat satuan pendidikan, kabupaten/kota, provinsi, atau nasional agar tercapai efisiensi dan efektivitas penyelenggaraan pendidikan.

- Standar Pembiayaan Pendidikan

Standar pembiayaan adalah standar yang mengatur komponen dan besarnya biaya operasi satuan pendidikan yang berlaku selama satu tahun.

- Standar Penilaian Pendidikan

Standar penilaian pendidikan adalah standar nasional pendidikan yang berkaitan dengan mekanisme, prosedur, dan instrumen penilaian hasil belajar peserta didik.

Sesuai dengan tujuan penetapan standar nasional tersebut, setiap institusi pendidikan, termasuk perguruan tinggi harus mematuhi, sehingga mutu pendidikan di Indonesia dapat terus meningkat. Untuk memenuhi delapan standar pendidikan nasional tersebut, perguruan tinggi dapat menerapkan berbagai sistem informasi atau aplikasi yang dapat membantu pelaksanaan penjaminan mutu di institusinya.

Berikut ini contoh sistem informasi dan aplikasi di perguruan tinggi yang dikaitkan dengan pemenuhan standar nasional pendidikan.

Tabel 5.2: Aplikasi di Perguruan Tinggi dan Standar Nasional

NO	APLIKASI	JENIS STANDAR
1	Sistem Penerimaan Mahasiswa Baru	Standar proses
2	Sistem Informasi Akademik	Standar proses
3	<i>Learning Management System</i> atau Sistem <i>Elearning</i>	Standar proses
4	Sistem Informasi Perpustakaan atau <i>Digital Library System</i> .	Standar sarana & prasarana
5	Sistem Informasi Laboratorium	Standar sarana & prasarana
6	Sistem Informasi Kurikulum	Standar isi
7	Sistem Informasi Kemahasiswaan	Standar proses, standar kelulusan
8	HRD atau Sistem Kepegawaian	Standar Pendidikan dan Tenaga Kependidikan
9	Sistem Informasi Penelitian atau Jurnal	Standar proses
10	Sistem Inventaris Barang atau Sarana & Prasarana	Standar sarana dan prasarana
11	Sistem Informasi Keuangan (<i>Payroll</i>)	Standar pembiayaan pendidikan
12	Sistem Pengelolaan Proyek	Standar pengelolaan
13	Sistem Karir dan alumni	Standar proses
14	Sistem Informasi <i>Executive</i> atau <i>Management</i>	Standar pengelolaan
15	<i>Website</i> Perguruan Tinggi	-
16	Email untuk dosen atau mahasiswa	-
17	Blog dosen / mahasiswa	-
18	<i>Knowledge Management System</i> .	Standar pengelolaan
19	Sistem Informasi Pelaporan Akademik	Standar proses

Hasil pengamatan terhadap penerapan aplikasi di perguruan tinggi di Indonesia (gambar 4.5), hasil analisis pemetaan aplikasi dengan McFarlan

Grid (gambar 5.4) dan hasil pemetaan aplikasi dengan standar nasional pendidikan dapat dirangkum dalam tabel berikut ini

Tabel 5.3: Ringkasan Hasil Analisis Aplikasi di Perguruan Tinggi

NO	APLIKASI	%PT	McF	SNP
1	Sistem Penerimaan Mahasiswa Baru	94	KO	SP
2	Sistem Informasi Akademik	87	KO	SP
3	Learning Management System atau Sistem Elearning	60	KO	SP
4	Sistem Informasi Perpustakaan atau Digital Library System.	87	KO	SSP
5	Sistem Informasi Laboratorium	27	KO	SSP
6	Sistem Informasi Kurikulum	-	KO	SI
7	Sistem Informasi Kemahasiswaan	81	Sup	SSP
8	HRD atau Sistem Kepegawaian	33	Sup	SPTK
9	Sistem Informasi Penelitian atau Jurnal	80	KO	SP
10	Sistem Inventaris Barang atau Sarana & Prasarana	3	Sup	SSP
11	Sistem Informasi Keuangan (Payroll)	1	Sup	SPP
12	Sistem Pengelolaan Proyek SI	-	Stra	SPL
13	Sistem Karir dan alumni	83	KO	SP
14	Sistem Informasi Executive atau Management	7	Stra	SPL
15	Website Perguruan Tinggi	100	Sup	-
16	Email untuk dosen atau mahasiswa	87	Sup	-
17	Blog dosen / mahasiswa	43	Sup	-
18	Knowledge Management System.	8	Stra	SPL
19	Sistem Informasi Pelaporan Akademik	-	KO	SP

Untuk menentukan layanan atau aplikasi yang akan diletakkan di dalam *cloud*, dapat menggunakan hasil analisis dari ketiga komponen di

atas. Hasil analisis penggunaan aplikasi yang dilakukan terhadap perguruan tinggi di Indonesia menunjukkan kondisi penerapan sistem informasi saat ini. Aplikasi yang seharusnya diletakkan di dalam *cloud* adalah aplikasi yang memiliki tingkat penggunaan di atas 60%. Hasil analisis dengan *McFarlan Grid* menunjukkan kebutuhan sistem informasi perguruan tinggi beserta tingkat kepentingannya. Berdasarkan analisis dengan *McFarlan Grid*, aplikasi-aplikasi yang termasuk dalam *Key Operational* merupakan aplikasi kunci yang akan diletakkan di *cloud*. Sedangkan hasil pemetaan terhadap standar nasional pendidikan menunjukkan tingkat kepentingannya dari sisi pemerintah. Aplikasi yang berkaitan dengan standar proses dan standar isi akan dijadikan aplikasi yang diletakkan di *cloud*.

Selanjutnya setelah memperhatikan ketiga komponen tersebut, maka dihasilkan 9 (sembilan) aplikasi atau sistem informasi yang menjadi layanan *cloud*. Berikut ini kesembilan aplikasi tersebut:

Tabel 5.4: Aplikasi yang Diletakkan di *Cloud*

NO	SISTEM INFORMASI	NAMA SINGKAT
1	Sistem Penerimaan Mahasiswa Baru	ePMB
2	Sistem Informasi Akademik	eAkademik
3	Learning Management System atau Sistem Elearning	eLearning
4	Sistem Informasi Perpustakaan atau Digital Library System.	eLibrary
5	Sistem Informasi Laboratorium	eLaboratory
6	Sistem Informasi Kurikulum	eKurikulum
7	Sistem Informasi Penelitian atau Jurnal	ePenelitian
8	Sistem Karir dan alumni	eAlumni
9	Sistem Informasi Pelaporan Akademik	eEPSBED

Setiap aplikasi atau sistem informasi yang sudah dihasilkan di tabel di atas memiliki karakteristik dan fungsi dasar tertentu. Fungsi dasar aplikasi diperlukan sebagai acuan dalam merancang dan membangun aplikasi tersebut. Selain fungsionalitasnya, untuk setiap aplikasi juga perlu didefinisikan *stakeholder* atau penggunanya. Berikut ini tabel penjelasan fungsi dasar setiap aplikasi berbasis *cloud* yang diusulkan beserta *stakeholder* masing-masing aplikasi.

Tabel 5.5: Fungsi Dasar dan Stakeholder Aplikasi

NO	APLIKASI	FUNGSI DASAR	STAKEHOLDER
1	ePMB	<ul style="list-style-type: none"> • Informasi Prosedur Pendaftaran • Pendaftaran mahasiswa baru • Pembayaran Pendaftaran • Proses seleksi (ujian saringan masuk) • Informasi hasil seleksi • Laporan pelaksanaan PMB 	Manajemen PT Karyawan PT Masyarakat
2	eAkademik	<ul style="list-style-type: none"> • Penyusunan jadwal kuliah • Pemilihan jadwal kuliah oleh mahasiswa • Proses bimbingan mahasiswa (PA) • Pencatatan kehadiran dosen dan mahasiswa • Pencatatan berita acara pengajaran • Evaluasi dan penilaian • Proses <i>grading</i> • Informasi dan distribusi hasil studi • Proses cuti kuliah • Proses bimbingan KKP dan Skripsi • Proses wisuda (kelulusan) • Laporan kegiatan akademik 	Manajemen PT Karyawan PT Mahasiswa Dosen

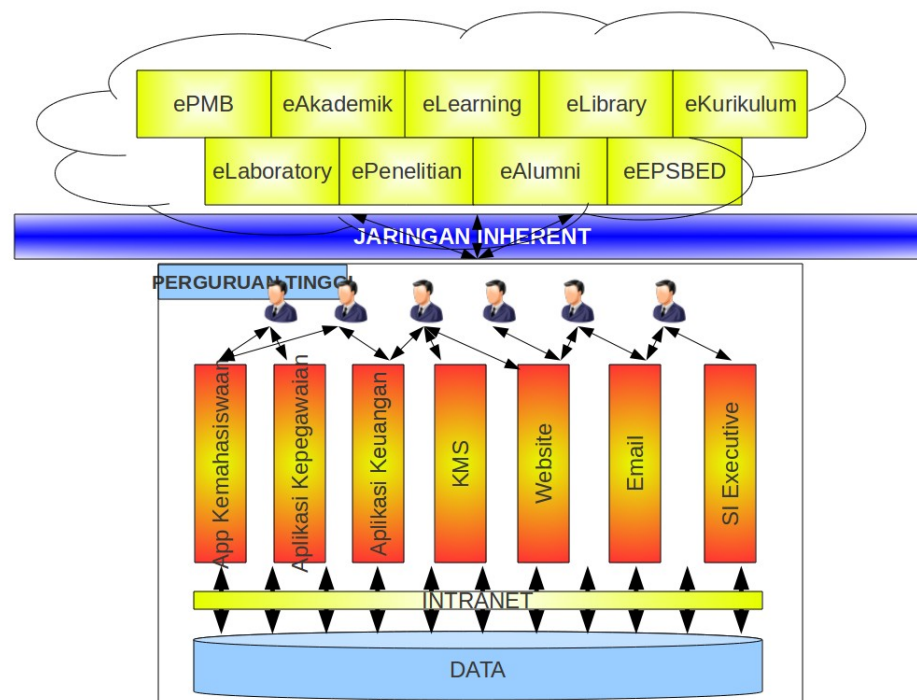
Tabel 5.5: Fungsi Dasar dan *Stakeholder* Aplikasi (lanjutan)

NO	APLIKASI	FUNGSI DASAR	STAKEHOLDER
3	eLearning	<ul style="list-style-type: none"> • Pengelolaan dan distribusi bahan kuliah • Manajemen aktivitas kelas (<i>quiz</i>, tugas, ujian dan sebagainya) • Forum diskusi, pengiriman pesan dan <i>chatting</i> • Proses penilaian • Pencatatan aktivitas kelas dan mahasiswa • <i>Backup</i> dan <i>recovery</i> data • Laporan pelaksanaan <i>elearning</i> 	Manajemen PT Karyawan PT Mahasiswa Dosen
4	eLibrary	<ul style="list-style-type: none"> • Manajemen koleksi pustaka (buku, jurnal, paper, majalah dan sebagainya) • Proses pencarian dan katalog koleksi pustaka • Proses peminjaman dan pengembalian koleksi pustaka • Laporan koleksi pustaka dan transaksi peminjaman dan pengembalian 	Manajemen PT Karyawan PT Mahasiswa Dosen
5	eLaboratory	<ul style="list-style-type: none"> • Manajemen peralatan laboratorium (inventaris laboratorium) • Proses penjadwalan laboratorium • Proses pencatatan penggunaan laboratorium dan peralatannya • Pengelolaan sumber daya manusia (laboran) • Laporan kondisi dan penggunaan laboratorium 	Manajemen PT Karyawan PT Mahasiswa Dosen
6	eKurikulum	<ul style="list-style-type: none"> • Informasi kurikulum dan bagan matakuliah • Pengelolaan kurikulum dan perubahannya • Pengelolaan silabus dan SAP matakuliah 	Manajemen PT Karyawan PT Dosen Pemerintah

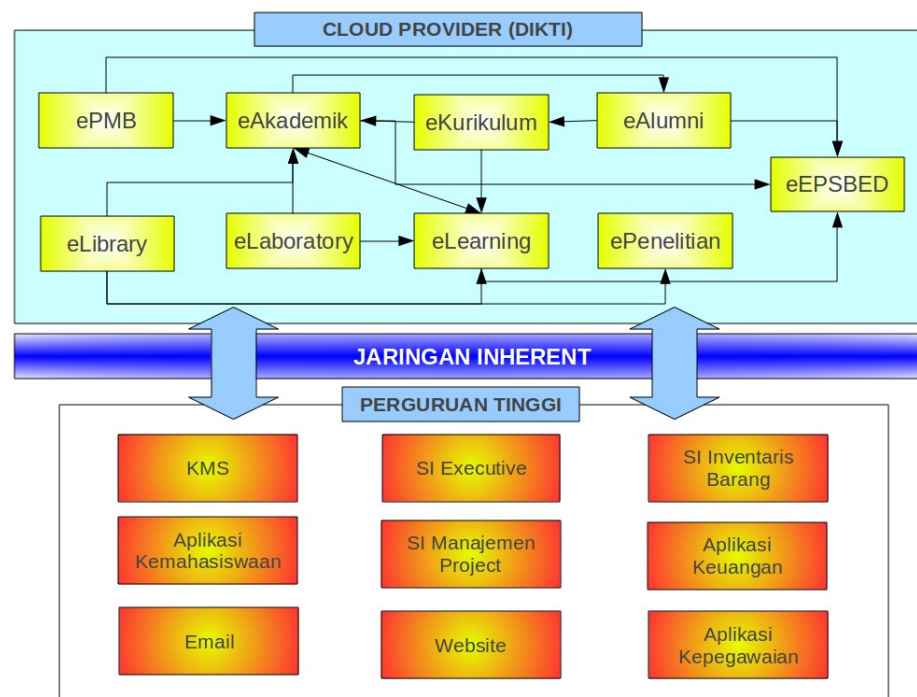
Tabel 5.5: Fungsi Dasar dan Stakeholder Aplikasi (lanjutan)

NO	APLIKASI	FUNGSI DASAR	STAKEHOLDER
7	ePenelitian	<ul style="list-style-type: none"> • Pencatatan penelitian, jurnal dan kegiatan pengabdian pada masyarakat • Katalog dan pencarian hasil penelitian dan jurnal • Laporan kegiatan penelitian dan pengabdian pada masyarakat 	Manajemen PT Karyawan PT Mahasiswa Dosen Masyarakat
8	eAlumni	<ul style="list-style-type: none"> • Pencatatan data alumni PT • Pengelolaan (<i>update</i>) data alumni • Kuesioner alumni • Laporan dan statistik alumni 	Alumni
9	eEPSBED	<ul style="list-style-type: none"> • Proses transfer dan konsolidasi data internal PT ke format EPSBED • Informasi data EPSBED • Pelaporan data EPSBED 	Manajemen PT Karyawan PT Pemerintah

Arsitektur aplikasi berbasis *cloud computing* di perguruan tinggi menggambarkan bagaimana posisi aplikasi sebagai layanan yang akan diletakkan di cloud, serta bagaimana hubungan setiap aplikasi baik antar aplikasi di dalam *cloud* maupun dengan aplikasi lain di luar *cloud*. Pada gambar 5.5 di bawah ini, digambarkan posisi aplikasi di dalam *cloud* dan hubungannya dengan aplikasi yang berada di perguruan tinggi. Antara perguruan tinggi dan *cloud* dihubungkan dengan jaringan INHERENT.



Jika dilihat secara lebih rinci, maka terdapat hubungan antara masing-masing aplikasi di dalam *cloud*. Misalnya sistem penerimaan mahasiswa baru akan berhubungan dengan sistem informasi akademik, terutama dalam hal konsolidasi data mahasiswa yang lulus seleksi penerimaan mahasiswa baru. Selain dipengaruhi oleh sistem penerimaan mahasiswa baru, sistem informasi akademik juga dipengaruhi oleh sistem pembelajaran (eLearning), sistem laboratorium (eLaboratory), sistem perpustakaan (eLibrary) dan juga sistem kurikulum (eKurikulum).



Selain hubungan antar aplikasi di dalam *cloud*, terdapat hubungan timbal balik antara *cloud provider* dengan perguruan tinggi. Hubungan timbal balik tersebut terwujud dalam proses interaksi penggunaan sistem dan pemutakhiran data perguruan tinggi di *cloud*. Hubungan antara *cloud provider* dan perguruan tinggi dapat menggunakan jaringan pendidikan tinggi yaitu INHERENT.

5.2. ARSITEKTUR TEKNOLOGI

Setelah melakukan analisis terhadap arsitektur teknologi dan sistem informasi di perguruan tinggi dapat disimpulkan bahwa sebagian besar masih menggunakan model arsitektur tradisional. Setiap perguruan tinggi mengembangkan sistem informasinya sendiri-sendiri tanpa mempertimbangkan integrasi dan konsolidasi data dengan perguruan tinggi lainnya. Hal tersebut mengakibatkan terjadi duplikasi sistem informasi karena pada dasarnya sistem informasi di perguruan tinggi memiliki kesamaan.

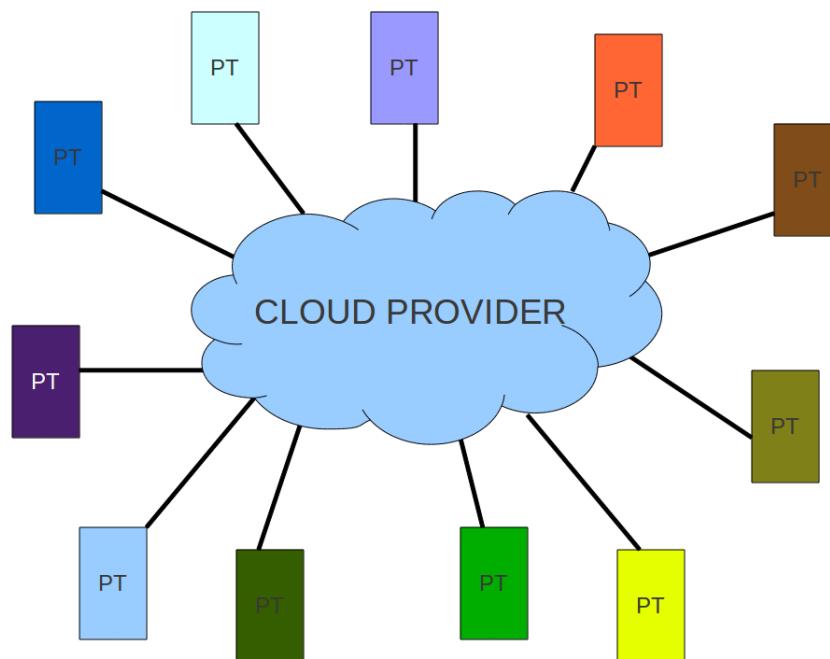
Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, maka arsitektur teknologi informasi yang dihasilkan menggunakan pola arsitektur berbasis layanan atau *service oriented architecture* (SOA). Selain itu, untuk menjamin ketersediaan layanan (*service availability*) maka arsitektur juga akan memanfaatkan konsep *virtualization* dan *grid computing*. Ketiga konsep tersebut merupakan komponen penting dari konsep *cloud computing*.

Dalam *cloud computing* terdapat dua pihak utama yaitu penyedia layanan *cloud* atau *cloud provider* dan pengguna layanan *cloud* atau *cloud consumer*. Dalam dunia pendidikan tinggi, pihak yang menjadi penyedia layanan *cloud* atau *cloud provider* adalah pemerintah atau pihak lain yang ditunjuk oleh pemerintah. Fungsi utama dari *cloud provider* adalah sebagai penyedia layanan sistem informasi yang dibutuhkan oleh *cloud consumer*.

Berdasarkan hasil analisis yang sudah dilakukan, terdapat 9 (sembilan) layanan umum yang dibutuhkan oleh setiap perguruan tinggi di Indonesia. Layanan tersebut yaitu sistem informasi penerimaan mahasiswa baru, sistem informasi akademik, sistem e-learning, sistem informasi perpustakaan, sistem informasi laboratorium, sistem informasi kurikulum, sistem informasi penelitian & pengabdian masyarakat, sistem informasi alumni dan karir dan sistem informasi pelaporan akademik (EPSBED).

Dalam arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud* yang dihasilkan, pihak yang berlaku sebagai *cloud consumer* adalah seluruh institusi pendidikan tinggi, termasuk yang berbentuk universitas, sekolah tinggi, institusi maupun akademi. *Cloud consumer* berperan sebagai pengguna dari layanan sistem informasi yang disediakan oleh *cloud provider*. *Cloud consumer* dapat meminta layanan ke *cloud provider* sesuai dengan kebutuhan institusinya. *Cloud consumer* juga dapat menghentikan layanan jika memang tidak memerlukannya. Dalam model *cloud computing*, *cloud consumer* juga tidak perlu membangun sistem informasinya sendiri, namun hanya cukup membayar sejumlah uang sewa sesuai dengan layanan yang digunakannya (*pay as you go*).

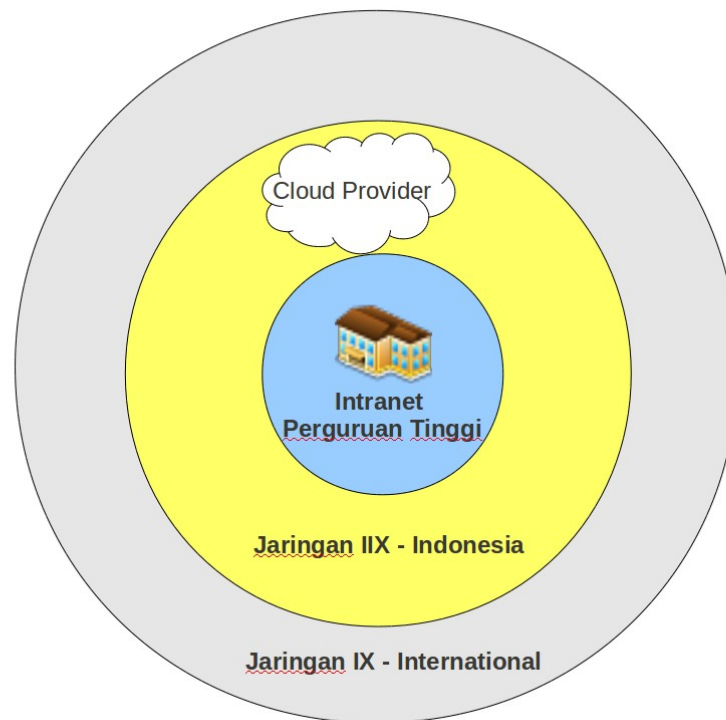
Hubungan antara *cloud provider* (pemerintah) dan *cloud consumer* (perguruan tinggi) dapat digambarkan dalam model sebagai berikut:



Gambar 5.7: Model Hubungan Antara Perguruan Tinggi dan *Cloud Provider*

Infrastruktur jaringan komputer sangat mempengaruhi arsitektur yang dibangun dengan menggunakan prinsip *cloud computing*, karena pada dasarnya *cloud computing* merupakan proses komputasi yang diletakkan di jaringan (*cloud*) baik intranet maupun internet. Dalam arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud* yang diusulkan untuk perguruan tinggi di Indonesia, infrastruktur jaringan yang diperlukan dapat memanfaatkan infrastruktur jaringan yang telah terbentuk dalam program Jaringan Pendidikan Nasional (JARDIKNAS) maupun *Indonesian Higher Education Network* atau INHERENT. Dengan demikian biaya penyediaan *bandwidth* dapat dihemat karena hanya menggunakan *bandwidth* lokal atau IIX (*Indonesia Internet eXchange*). Jalur *bandwidth* internasional atau IX (*International eXchange*) hanya digunakan jika memang memerlukan akses ke luar Indonesia.

Pada model arsitektur teknologi informasi yang diusulkan, *cloud provider* diletakkan di jaringan INHERENT yang berada dalam jaringan IIX. Gambaran mengenai letak *cloud provider* yang diusulkan dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

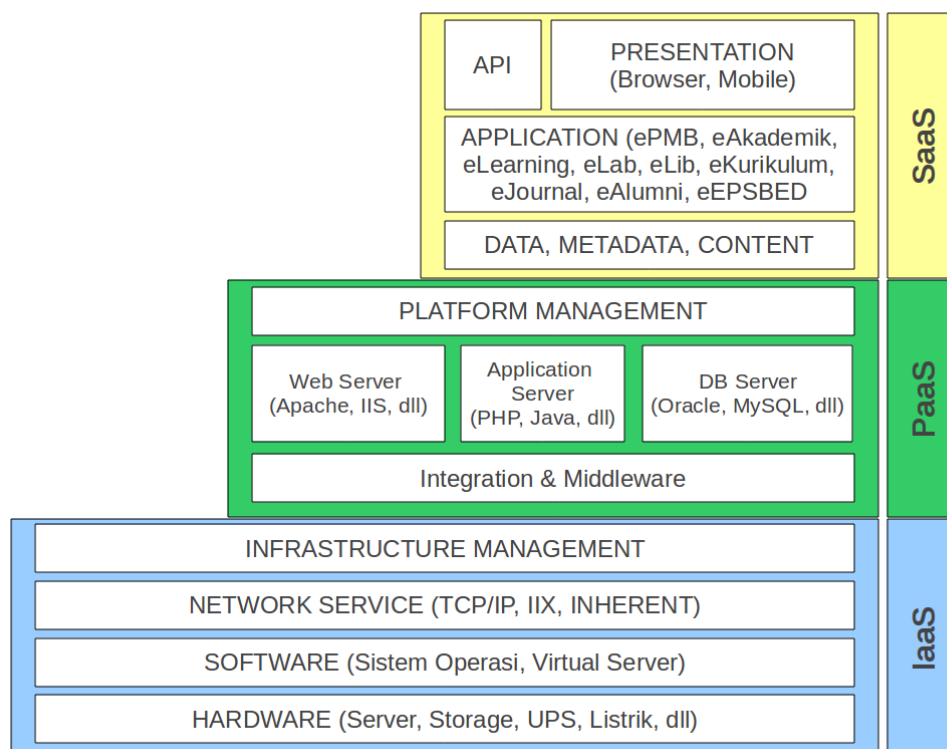


Gambar 5.8: Letak *Cloud Provider*

Keberhasilan pengembangan arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing*, sangat dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan. Berdasarkan model pengembangannya, terdapat tiga model *cloud computing*, yaitu *Infrastructure as Services*, *Platform as Services* dan *Software as Services* (OracleWhitePaper, 2009a), (Mell & Grance, 2009). Model pengembangan *Infrastructure as Service* merupakan pengembangan *cloud computing* yang menyediakan layanan infrastruktur fisik seperti jaringan, *server*, penyimpanan dan sebagainya. Pada model yang kedua, *Platform as Service*, layanan yang diberikan berupa *platform* pengembangan aplikasi yang dapat digunakan untuk

membangun aplikasi atau sistem di atasnya. Contoh *platform* yang dapat menjadi layanan pada model ini adalah *platform* pemrograman *web* menggunakan PHP dan MySQL. Sedangkan pada model yang terakhir, yang menjadi layanan adalah fungsionalitas dari suatu aplikasi atau *software*. Sebagai contoh adalah aplikasi ePMB di perguruan tinggi yang dapat memberikan layanan pengelolaan penerimaan mahasiswa baru.

Berikut ini arsitektur teknologi pada model arsitektur berbasis *cloud computing* untuk perguruan tinggi di Indonesia yang disusun berdasarkan model pengembangannya.



Gambar 5.9: Arsitektur Teknologi dan Model Pengembangan *Cloud Computing*

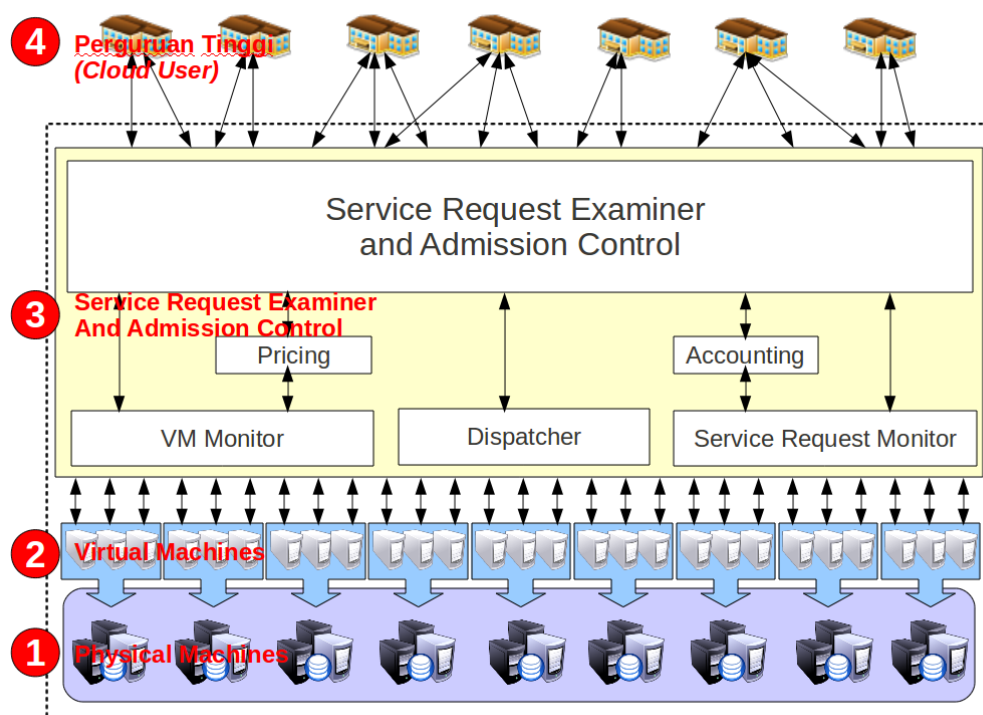
Pada bagian *Infrastructure as Service*, terdapat beberapa komponen teknologi yaitu *hardware*, *software*, *network service* dan *infrastructure management*. Komponen *hardware* menyangkut komponen fisik seperti *server*, media penyimpanan, UPS dan komponen pendukung lainnya seperti sumber

listrik. Pada komponen *software*, terutama menyangkut sistem operasi beserta aplikasi pendukungnya, serta aplikasi *virtual server* yang memungkinkan penyediaan spesifikasi *server* yang berbeda untuk setiap pengguna sesuai dengan kebutuhannya masing-masing. Komponen *Network Service* mengatur layanan komunikasi data melalui jaringan. Untuk perguruan tinggi, dapat menggunakan protokol TCP/IP yang sudah luas penggunaannya serta menggunakan jaringan INHERENT yang sudah tersedia. Komponen yang terakhir adalah *infrastructure management* yang bertugas untuk mengatur penggunaan infrastruktur, termasuk informasi penggunaan infrastruktur.

Bagian kedua yaitu *platform as service*. Bagian ini terdiri dari beberapa komponen antara lain *Integration & Middleware* yang berfungsi sebagai penghubung komunikasi antara satu komponen dengan komponen yang lainnya. Misalnya antara PHP atau Java sebagai bahasa pemrograman dihubungkan dengan ODBC (*Open Database Connectivity*) agar dapat terhubung dengan berbagai jenis basis data. Komponen lainnya menyangkut *platform* yang diperlukan agar aplikasi dapat berjalan dengan baik. Mengingat kondisi perguruan tinggi di Indonesia, maka diusulkan untuk menggunakan *platform* berbasis *web* agar dapat diakses dengan mudah. Untuk membangun aplikasi berbasis *web* maka diperlukan tiga komponen dasar, yaitu *web server* seperti Apache dan IIS, *application server berbasis server* seperti PHP dan Java, serta basis data seperti MySQL dan Oracle.

Software as Service merupakan bagian paling puncak dari model pengembangan aplikasi *cloud computing*. Pada bagian ini terdapat komponen struktur *data* dan *metadata* yang diperlukan oleh aplikasi. Untuk institusi perguruan tinggi, seperti sudah dijelaskan dalam analisis aplikasi, terdapat sembilan aplikasi yang menjadi layanan di *Software as Service*. Setiap aplikasi tersebut berhubungan dengan komponen *Presentation* yang mengatur tampilan aplikasi dalam berbagai media, seperti *browser* dan *mobile phone*. Selain itu, terdapat API (*application program interface*) yang diperlukan untuk menghubungkan aplikasi dengan aplikasi lain yang mungkin dikembangkan oleh perguruan tinggi.

Selain berdasarkan model pengembangannya, arsitektur teknologi juga dapat dilihat dari sisi *cloud provider*. *Cloud Provider* sebagai pihak yang menyediakan layanan berbasis *cloud* merupakan pihak yang paling penting dalam arsitektur teknologi informasi yang diusulkan untuk perguruan tinggi. Model arsitektur teknologi informasi yang dihasilkan, terutama untuk *cloud provider*, dibuat dengan menggunakan model *Market-oriented Cloud Architecture* yang diusulkan oleh Rajkumar Buyya, Yeo dan Venugopal (Buyya, Yeo, & Venugopal, 2008). Model tersebut terbagi menjadi 4 (empat) lapisan utama yaitu lapisan mesin atau perangkat fisik, lapisan *virtual machines* (VMs), lapisan *SLA Resource Allocator* dan yang terakhir lapisan pengguna atau *user*.



Gambar 5.10: Arsitektur TI Perguruan Tinggi berbasis *Cloud Computing*

Lapisan 1. Infrastruktur Fisik (*Server Aplikasi Fisik*)

Infrastruktur fisik merupakan bagian paling dasar dari arsitektur teknologi informasi yang dihasilkan. Infrastruktur fisik berupa *server-server* aplikasi yang dibutuhkan, baik *server* untuk pemrosesan data, basis data, *server web* maupun jenis *server* lain yang diperlukan oleh setiap aplikasi. Seperti sudah dijelaskan di bagian sebelumnya, terdapat sembilan aplikasi yang diusulkan untuk diletakkan di dalam *cloud*.

Ketangguhan *server* dalam arsitektur berbasis *cloud* sangat mempengaruhi kualitas layanan yang dihasilkan. Terlebih lagi untuk melayani seluruh perguruan tinggi di Indonesia yang berjumlah 3000 lebih. Untuk meningkatkan ketangguhan dari *server*, dapat digunakan teknologi *grid* dimana setiap proses komputasi dapat dijalankan (dieksekusi) oleh beberapa *server* sekaligus. Dengan adanya pembagian proses tersebut, maka kecepatan proses akan lebih baik dibanding tanpa adanya teknologi *grid*.

Lapisan 2. *Virtual Machines (Server Virtual)*

Konsep *virtual machine* atau *virtualization* akan meningkatkan ketersediaan layanan TI dan akan menghemat jumlah infrastruktur fisik yang diperlukan. Dengan teknologi virtualisasi juga memungkinkan setiap *client* atau pengguna layanan secara *virtual* memiliki kuasa penuh atas *server-nya* sendiri, walaupun secara fisik harus berbagi sumber daya dengan *client* yang lain.

Lapisan 3. *SLA Resource Allocator*

SLA Resource Allocator merupakan bagian dari arsitektur *cloud* yang bertugas mengatur ketersediaan layanan untuk setiap pengguna. Bagian ini merupakan bagian yang menghubungkan antara aplikasi, sistem informasi atau layanan yang disediakan oleh *cloud provider* dengan *cloud consumer* yaitu pihak perguruan tinggi. Bagian ini juga yang bertanggung jawab menerima permintaan layanan dari pihak perguruan tinggi, menganalisis kelayakan permintaan tersebut dan menanggapi permintaan.

Beberapa bagian yang mengatur interaksi antara cloud provider dan consumer yaitu:

1. *Service Request Examiner and Admission Control*

Ketika suatu perguruan tinggi meminta layanan, misalnya layanan sistem penerimaan siswa baru, maka bagian ini akan menerima permintaan tersebut dan selanjutnya diperiksa kelayakan permintaan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Bagian ini juga akan melihat ketersediaan layanan terkait dengan sumber daya (*resources*) yang dimiliki oleh *cloud provider*. Bagian ini akan berhubungan dengan *VM Monitor* untuk melihat ketersediaan layanan. Jika ternyata permintaan layak diterima, maka bagian ini juga yang akan mengirimkan pesan ke bagian *Dispatcher* agar menyiapkan layanan yang diminta. Jadi dapat disimpulkan bahwa bagian ini merupakan *interface* yang menghubungkan perguruan tinggi sebagai *cloud consumer* dengan penyedia layanan (*cloud provider*).

2. *Pricing*

Bagian ini menentukan biaya yang harus dibayarkan oleh perguruan tinggi sebagai *cloud consumer*. Biaya dapat diatur berdasarkan waktu penggunaan (*submission time*), berdasarkan kapasitas penggunaan (*volume based*), berdasarkan jumlah pengguna layanan ataupun berdasarkan harga yang tetap (*fixed rate*). Bagian ini akan berhubungan dengan *VM Monitor* untuk mengetahui jumlah pemakaian sumber daya dan akan melaporkan pemakaian sumber daya beserta biayanya ke *Service Request Examiner and Admission Control*.

3. *Accounting*

Accounting bertugas mengatur proses tagihan dan pembayaran oleh perguruan tinggi. Tagihan dan pembayaran dapat dilakukan berdasarkan periode tertentu atau berdasarkan jumlah pemakaian tertentu. Bagian *Accounting* akan berhubungan dengan *Service Request Examiner and Admission Control* dan *Service Request Monitor*.

4. *VM Monitor*

VM Monitor bertugas memantau penggunaan *virtual machine* atau layanan dan melaporkannya ke *Service Request Examiner and Admission Control* dan *Pricing*.

5. *Dispatcher*

Dispatcher berfungsi sebagai pelaksana yang mengaktifkan dan menonaktifkan suatu layanan.

6. *Service Request Monitor*

Bagian ini memantau proses permintaan layanan dari *cloud consumer*, sehingga pihak-pihak yang bersangkutan dapat melihat sampai sejauh mana layanan yang diminta sudah diproses.

Lapisan 4. User atau Pengguna

User atau pengguna dalam arsitektur ini merupakan seluruh perguruan tinggi yang terdaftar di Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi (DIKTI). User atau pengguna dapat mengajukan suatu layanan yang dibutuhkan oleh perguruan tingginya. Sebaliknya pengguna juga dapat mengajukan penghentian suatu layanan jika sudah tidak diperlukan. Pengaturan layanan oleh pengguna dapat dilakukan melalui suatu *portal* atau aplikasi yang disediakan oleh *cloud provider*.

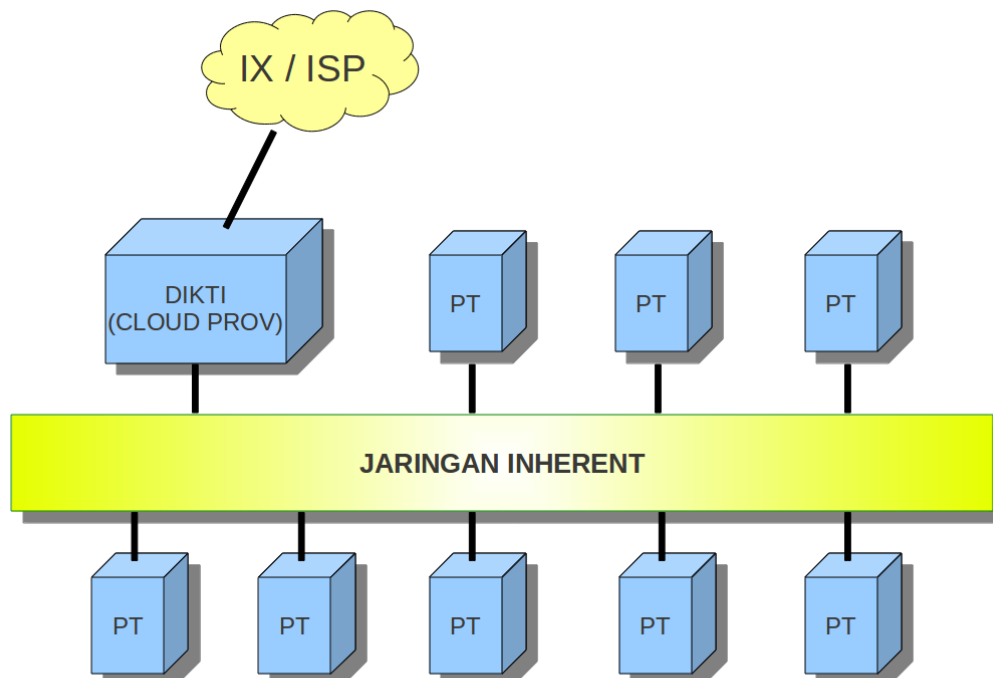
5.3. ARSITEKTUR JARINGAN

Arsitektur jaringan merupakan hal yang sangat penting dalam kaitannya dengan pengembangan arsitektur teknologi informasi, terutama dengan konsep *cloud computing*. Layanan yang ditawarkan di dalam *cloud computing* tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya jaringan yang memadai.

Dalam menerapkan arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* untuk perguruan tinggi di Indonesia diusulkan menggunakan dan mengoptimalkan jaringan INHERENT yang sudah dibangun cukup baik. Namun demikian, perlu adanya peraturan yang jelas dari pemerintah mengenai penggunaan jaringan INHERENT tersebut. Pemerintah sebaiknya menetapkan harga yang murah atau

gratis bagi perguruan tinggi yang ingin bergabung dalam jaringan INHERENT. Dengan demikian kendala *bandwidth* yang mahal akan dapat teratasi.

Demikian juga untuk akses internet jalur internasional (*International eXchange*), pemerintah dapat mengkoordinir seluruh perguruan tinggi di Indonesia agar menggunakan jalur tertentu sehingga perguruan tinggi tidak perlu memiliki ISP (*Internet Service Provider*) sendiri. Biaya berlangganan internet dapat ditekan sehingga akses terhadap informasi yang dimiliki oleh dunia pendidikan makin terbuka lebar.



5.4. KEAMANAN *CLOUD COMPUTING*

Keamanan dalam arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* dapat dilihat dari berbagai aspek. Pembahasan faktor keamanan sangat perlu dilakukan agar layanan yang diberikan di *cloud* memiliki kualitas yang baik. Dengan keamanan yang baik, pihak pengguna yaitu perguruan tinggi akan merasa

nyaman dan aman dalam memanfaatkan aplikasi-aplikasi yang disediakan oleh *cloud provider*.

Berikut ini beberapa aspek keamanan disertai ancaman dan alternatif solusinya:

1. Keamanan pada Mesin Fisik

Ancaman terhadap keamanan pada mesin fisik seperti *server*; komputer, *router* dan perangkat fisik lainnya paling banyak terjadi akibat pencurian. Pencurian dapat dilakukan oleh pihak dalam maupun pihak luar. Untuk mencegah pencurian, dapat dilakukan pengamanan baik dari sisi ruangan tempat mesin berada maupun dengan menugaskan petugas keamanan. Kunci dan akses terhadap ruangan juga dapat dibuat berlapis.

2. Keamanan Penyimpanan Data (Basis Data)

Penyimpanan data atau basis data merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem. Ancaman terhadap keamanan basis data merupakan hal yang paling sering terjadi. Beberapa ancaman pada basis data antara lain akibat pencurian data oleh orang-orang yang tidak bertanggung jawab, kerusakan data oleh virus, dan akses data oleh pihak yang tidak berhak. Untuk mengantisipasi ancaman terhadap data, dapat dilakukan dengan memasang *firewall* untuk melindungi *server* basis data. Selain itu untuk mengantisipasi kerusakan data dapat dengan menerapkan prosedur *backup* basis data secara berkala. Pencatatan *log* terhadap setiap akses dan perubahan data juga perlu dilakukan agar proses identifikasi terhadap kejadian akan lebih mudah dilakukan.

3. Keamanan Sistem Operasi

Sistem operasi merupakan komponen yang paling penting dari suatu sistem komputer. Ancaman dapat terjadi akibat serangan virus dan serangan dari pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab. Perlindungan terhadap sistem operasi dapat dilakukan dengan memasang *firewall*, menerapkan prosedur *backup*.

4. Keamanan Jaringan

Ancaman terhadap jaringan dapat berasal dari serangan pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab. Serangan dapat berupa *denial of service* (DoS), *hacking*, *cracking*, *worm*, *trojan* atau bentuk yang lainnya. Untuk mencegah ancaman terhadap keamanan jaringan, dapat dipasang *firewall* untuk membatasi akses terhadap jaringan dari pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab. Selain itu dapat juga diterapkan *Intrusion Detection System* (IDS) untuk mencegah terjadinya serangan. Untuk mencegah meluasnya dampak kerusakan juga dapat diterapkan *Disaster Recovery Plan* (DRP).

5. Keamanan Informasi

Keamanan informasi merupakan hal yang penting. Informasi terancam pada saat disimpan, ditampilkan maupun didistribusikan. Ancaman terhadap informasi dapat terjadi akibat pencurian informasi, pengaksesan informasi oleh pihak yang tidak berhak dan juga kerusakan informasi akibat kegagalan sistem dan serangan *virus*. Untuk mencegah pengaksesan informasi oleh pihak yang tidak berhak dapat dilakukan dengan menerapkan enkripsi data dan informasi.

6. Keamanan Aplikasi

Keamanan aplikasi dapat terancam akibat perancangan aplikasi yang kurang tepat atau salah. Keamanan aplikasi dapat dicegah dengan menerapkan proses perancangan aplikasi yang baik dengan pengawasan dan *testing* yang baik.

5.5. TANTANGAN DAN SOLUSI

Penerapan arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* yang dihasilkan bukanlah pekerjaan mudah. Diperlukan perencanaan yang matang dan proses yang berkelanjutan. Selain itu, komitmen dari pihak-pihak terkait seperti pemerintah dan pihak perguruan tinggi sangat diperlukan. Kendala lain seperti *bandwidth* jaringan dan biaya akses *internet* juga perlu diatasi bersama.

Berikut ini beberapa tantangan dan solusi yang mungkin akan muncul pada saat penerapan arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* ini.

Tabel 5.6: Tantangan dan Solusi dalam *Cloud Computing*

TANTANGAN	SOLUSI
Mahalnya biaya akses internet	Dengan memanfaatkan jaringan INHERENT dan dengan peran serta yang aktif dari pemerintah dalam implementasinya.
Sumber daya manusia yang mahir dalam membangun <i>cloud computing provider</i> belum tersedia.	Jika sumber daya manusia menjadi kendala, maka pemerintah dapat bekerja sama dengan cloud computing provider besar seperti <i>Amazon</i> , <i>Google</i> dan <i>Oracle</i> untuk penyediaan sumber daya manusia.
Sulit menyediakan perangkat <i>server</i> dan <i>hardware</i> yang mampu untuk melayani seluruh perguruan tinggi di Indonesia.	Dapat bekerja sama dengan vendor penyedia infrastruktur <i>cloud</i> seperti Amazon dan Google.
Standardisasi data dan sistem informasi yang masih kurang	Pemerintah perlu membuat ketetapan standardisasi struktur data dan sistem informasi.
Tidak adanya peraturan yang mengatur pengembangan arsitektur berbasis <i>cloud computing</i> .	Pemerintah harus membuat ketetapan dan kebijakan yang jelas terkait penyelenggaraan layanan berbasis <i>cloud computing</i> .

5.6. TATA KELOLA LAYANAN BERBASIS *CLOUD COMPUTING*

Mengingat besarnya cakupan dalam penerapan arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* untuk perguruan tinggi di Indonesia, maka diperlukan tata kelola yang baik. Pemerintah merupakan pihak yang seharusnya berperan aktif dalam menetapkan tata kelola penyelenggaraan layanan berbasis *cloud computing* di Indonesia.

Beberapa peraturan perlu disajikan dalam tata kelola layanan berbasis *cloud computing*. Berikut ini 6 (enam) ketentuan dasar yang harus dibentuk untuk mengatur dan mengelola layanan berbasis *cloud*.

1. Peraturan mengenai standardisasi penyediaan layanan, baik standardisasi data, teknologi, fungsi, aplikasi hingga harga.
2. Ketentuan mengenai siapa pihak-pihak yang bertanggung jawab terhadap penyelenggara layanan *cloud*. Ketentuan ini diperlukan agar tidak terjadi saling melempar tanggung jawab saat suatu layanan tidak dapat diakses oleh perguruan tinggi.
3. Ketentuan mengenai prosedur dalam implementasi layanan berbasis *cloud*, baik prosedur dalam pendaftaran (*submission*) hingga prosedur dalam pemberhentian suatu layanan.
4. Ketentuan mengenai ukuran-ukuran dalam layanan, seperti ukuran mengenai suatu layanan dikatakan berjalan dengan baik.
5. Mekanisme-mekanisme yang mendukung penerapan layanan berbasis *cloud*. Misalnya mekanisme dalam pembayaran.
6. *Policy* atau peraturan perundang-undangan yang jelas sehubungan dengan penyelenggaraan layanan berbasis *cloud computing*.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini diharapkan dapat menuntun penulis dalam melakukan langkah-langkah penelitian yang telah didefinisikan, melalui metodologi penelitian yang telah disusun. Penelitian diharapkan dapat menghasilkan suatu model arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* untuk institusi pendidikan tinggi di Indonesia.

6.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan penelitian yang sudah dilakukan, maka secara singkat dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan jumlah perguruan tinggi di Indonesia yang cukup banyak, maka arsitektur teknologi informasi yang paling sesuai untuk diterapkan adalah arsitektur yang berbasiskan layanan (*service oriented architecture*) dan menggunakan teknologi *virtualization* dan *grid computing*. Ketiga teknologi tersebut merupakan komponen utama dari teknologi *cloud computing*.
2. Perguruan tinggi di Indonesia memiliki 9 (sembilan) sistem informasi utama yang sebaiknya diletakkan di-*cloud*, sehingga akan menghemat biaya pengembangan maupun implementasinya. Kesembilan sistem informasi tersebut adalah (1) sistem informasi penerimaan mahasiswa baru, (2) sistem informasi akademik, (3) sistem e-learning, (4) sistem informasi perpustakaan, (5) sistem informasi laboratorium, (6) sistem informasi kurikulum, (7) sistem informasi penelitian & pengabdian masyarakat, (8) sistem informasi alumni dan karir, dan (9) sistem informasi pelaporan akademik (EPSBED).
3. Dengan menggunakan *framework* pemodelan arsitektur *cloud* berbasis kebutuhan pengguna, dihasilkan suatu model arsitektur teknologi informasi

untuk perguruan tinggi di Indonesia yang terdiri dari arsitektur bisnis, arsitektur data, arsitektur aplikasi dan arsitektur teknologi. Dengan penggunaan konsep *cloud computing*, arsitektur teknologi informasi yang dihasilkan akan menyelesaikan permasalahan *redundancy* sistem informasi, tidak adanya konsolidasi dan standardisasi data serta *inconsistency* dalam pengembangan sistem informasi. Bagi perguruan tinggi, dengan model arsitektur yang dihasilkan akan bermanfaat yaitu penghematan biaya pengembangan aplikasi. Selain itu, dengan adanya pihak ketiga yang membangun aplikasi, maka perguruan tinggi dapat lebih fokus terhadap proses bisnis utamanya, yaitu menyelenggarakan pendidikan dan pengajaran, penelitian dan pengabdian masyarakat.

6.2. SARAN

Karya akhir ini merupakan penelitian awal dari suatu domain penelitian yang cukup besar. Masih banyak kekurangan terdapat dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penulis memberikan saran untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian ini.

1. Penelitian ini masih memiliki kelemahan dalam hal pengumpulan data karena masih terbatas pada data sekunder. Pengumpulan data baru dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap *website* dari masing-masing perguruan tinggi. Dengan demikian perlu dilakukan pengumpulan data yang lebih lengkap, misalnya dengan melakukan wawancara dan pengamatan langsung.
2. Hasil dari penelitian ini hendaknya menjadi dasar bagi pemerintah maupun institusi perguruan tinggi untuk melakukan pembicaraan untuk menyusun kerangka penerapan teknologi *cloud computing* dan *service oriented architecture* (SOA) untuk dunia pendidikan tinggi.
3. Arsitektur teknologi informasi yang dihasilkan dalam penelitian ini masih dalam lingkup yang umum, masih perlu dilanjutkan sehubungan dengan

pemodelan setiap sistem informasi yang akan menjadi layanan yang disediakan oleh cloud provider.

4. Dalam proses implementasi, sangat diperlukan kebijakan yang jelas dari pemerintah terutama menyangkut pihak-pihak yang ditunjuk sebagai *cloud provider* dan juga terkait dengan anggaran dan sumber daya manusia yang dibutuhkan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya akhir ini belumlah sempurna, masih banyak yang harus diperbaiki. Oleh karena itu, penulis juga sangat mengharapkan masukan dan kritikan yang membangun demi kesempurnaan karya akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, J. J. (2008). Enterprise Architecture a.k.a. Business- and IT-architecture. *Agenda*.
- Bean, J. (2010). *SOA and Web Services Interface Design: Principles Techniques and Standards* (1 ed.). Burlington: Morgan Kaufmann Publishers.
- Bittler, R. S., & Kreizman, G. (2005). Gartner Enterprise Architecture Process : Evolution 2005. *October*, (October).
- Brittenham, P. (2002). An overview of the Web Services Inspection Language. *IBM Coorporation*. Retrieved from <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-wslover/>.
- Buyya, R., Abramson, D., & Venugopal, S. (2005). The Grid Economy. *Proceedings of the IEEE*, 93(3), 698-714. doi: 10.1109/JPROC.2004.842784.
- Buyya, R., Shin, C., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms : Vision , hype , and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems*, 25(6), 599-616. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.future.2008.12.001.
- Buyya, R., Yeo, C., & Venugopal, S. (2008). Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities. In *10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, 2008. HPCC'08* (p. 5–13).
- CPanel. (2010). cPanel. Retrieved from <http://www.cpanel.net/>.
- CSA. (2009). Security Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing V2.1. *CSA*, (December), 1-76.
- Chakrabarti, A. (2007). *Grid Computing Security*. Springer (1 ed.). New York: Springer.
- DEPDIKNAS. (n.d.). Situs Jejaring Pendidikan Nasional (JARDIKNAS) Departemen Pendidikan Nasional. Retrieved from <http://jardiknas.diknas.go.id>.
- DIKTI. (2006). Situs INHERENT Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi. Retrieved from <http://www.inherent-dikti.net/>.
- Foster, I. (2002). What is the Grid ? A Three Point Checklist.
- Foster, I., Kasselmann, C., & Tuecke, S. (2001). The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. *International Journal of Supercomputer Applications*, 15(3).

- Geelan, J. (2009). Twenty-One Experts Define Cloud Computing. *sys-con*. Retrieved from <http://cloudcomputing.sys-con.com/node/612375/>.
- Hewitt, C. (2008). ORGs for scalable, robust, privacy-friendly client Cloud Computing. *IEEE internet computing*, 12(5), 96–99. doi: 10.1109/MIC.2008.107.
- Hurwitz, J., Baroudi, C., Bloor, R., & Kaufman, M. (2006). *Service oriented architecture for dummies*. Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- Jon Brodtkin. (2008). Gartner: Seven cloud-computing security risks. *Gartner Inc*. Retrieved from <http://www.infoworld.com/d/security-central/gartner-seven-cloud-computing-security-risks-853>.
- Josuttis, N. M. (2007). *SOA in Practice: The Art of Distributed System Design* (1 ed.). O'Reilly Media, Inc.
- Joyent. (2008). What is Cloud Computing? *Youtube*. Retrieved from <http://www.youtube.com/watch?v=6PNuQHUiV3Q>.
- Kesselman, C., & Foster, I. (1999). *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publisher, Inc.
- Laird, R. G. (2009). Making SOA governance fit your organization. *IBM Corporation*. Retrieved from http://www-01.ibm.com/software/solutions/soa/newsletter/mar09/article_soa_governance.html.
- Leavitt, N. (2008). Finally Ready to Deliver ? *Computer*.
- Li, H., Sedayao, J., Hahn-Steichen, J., Jimison, E., Spence, C., Chahal, S., et al. (2009). *Developing an Enterprise Cloud Computing Strategy*. Korea Information Processing Society Review. Intel Information Technology.
- Mahmoud, Q. H. (2005). Service-Oriented Architecture (SOA) and Web Services: The Road to Enterprise Application Integration (EAI). 2005. Retrieved from <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/WebServices/soa/>.
- Maulani, F. I. (2009). 3 Perusahaan Lokal Terapkan Cloud Computing. *Bataviase.co.id*. Retrieved from <http://bataviase.co.id/node/10392>.
- McFarlan, F. (1984). Information Technology changes the way you complete. *Harvard Business Review*, May-June, 93-103.
- Mell, P., & Grance, T. (2009). *The NIST Definition about Cloud Computing*. National Institute of Standards and Technology. Retrieved from csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-def-v15.doc.
- Mutyarini, K., & Sembiring, J. (2006). ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI UNTUK INSTITUSI PERGURUAN TINGGI DI INDONESIA. *Prosiding Konferensi Nasional TIK untuk Indonesia*, 102-107.

- Nezhad, H. R., Benatallah, B., Casati, F., & Toumani, F. (2006). Web Services Interoperability Specifications. *IEEE Computer Society Press*, 39. doi: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MC.2006.181>.
- OracleWhitePaper. (2009). *Oracle Grid Computing*. Oracle. Retrieved from <http://www.oracle.com/us/technologies/026979.pdf>.
- OracleWhitePaper. (2009). *Platform-as-a-Service Private Cloud with Oracle Fusion Middleware*. October. Oracle.
- OrangeBusiness. (2010). CxO Survey 2010 Results - Cloud Computing. *Equant & Orange Business*.
- Papazoglou, M. P., & Heuvel, W. (2007). Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues. *The VLDB Journal*, 16(3), 389-415. doi: 10.1007/s00778-007-0044-3.
- Sessions, R. (2007). A Comparison of the Top Four Enterprise-Architecture Methodologies. *Microsoft*. Retrieved from <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb466232.aspx>.
- Silver, Mark; Markus, M.; And Beath, C. (1995). The Information Technology Interaction Model: A Foundation for the MBA Core Course. *MIS Quarterly*, 19(3), 361-390.
- Simon, B., László, Z., & Goldschmidt, B. (2008). SOA INTEROPERABILITY, A CASE STUDY. *IADIS International Conference Informatics 2008*, 131-138.
- Solichin, A. (2008). Prinsip dan Cara Kerja Web Server. *July 9th, 2008*. Retrieved from <http://achmatim.net/2008/07/09/prinsip-dan-cara-kerja-web-server/>.
- Spirent. (2010). *The Ins & Outs of Cloud Computing and its impact on the Network*. Spirent.
- TOGAF. (2007). TOGAF Version 9. *Evaluation*.
- Wikipedia. (2010). Enterprise Architecture framework. *Wikipedia*. Retrieved from http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_architecture_framework.
- Windley, P. (2006). SOA governance: rules of the game. *InfoWorld*. January. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:SOA+Governance+:+Rules+of+the+Game#0>.
- Zachman, J. A., & Sowa, J. (1992). Extending and Formalizing the Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal*, 31(3).
- Zachman, J. a. (1987). A framework for information systems architecture. *IBM Systems Journal*, 26(3), 276-292. doi: 10.1147/sj.263.0276.
- Zhang, L., & Zhou, Q. (2009). CCOA : Cloud Computing Open Architecture. *IEEE International Conference on Web Services*. doi: 10.1109/ICWS.2009.144.

Zimmermann, H. (1980). OSI Reference Model - The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection. *IEE Transactions on Communications*, COM-28(4). Retrieved from <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/padmanab/cse561/papers/Zim80.pdf>.

zachmaninternational.com. (2008). Zachman Framework. Retrieved from <http://zachmaninternational.com>.

LAMPIRAN 1 : Daftar *Sampling* Perguruan Tinggi

No	Perguruan Tinggi	WEBSITE
1	Akademi Teknik Komunikasi dan Informasi	www.atki.ac.id
2	Bina Sarana Informatika	www.bsi.ac.id
3	Institut Agama Islam Negeri Sunan Ampel	www.sunan-ampel.ac.id
4	Institut Kesenian Jakarta	www.ikj.ac.id
5	Institut Pertanian Bandung	www.ipb.ac.id
6	Institut Sains & Teknologi Akprind	www.akprind.ac.id
7	Institut Seni Indonesia Denpasar	www.isi-dps.ac.id
8	Institut Seni Indonesia Jogjakarta	www.isi.ac.id
9	Institut Seni Indonesia Surakarta	www.stsi-ska.ac.id
10	Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya	www.itats.ac.id
11	Institut Teknologi Bandung	www.itb.ac.id
12	Institut Teknologi dan Bisnis KALBE	www.itbk.ac.id
13	Institut Teknologi Harapan Bangsa	www.ithb.ac.id
14	Institut Teknologi Indonesia	www.iti.ac.id
15	Institut Teknologi Medan	www.itm.ac.id
16	Institut Teknologi Nasional	www.itenas.ac.id
17	Institut Teknologi Nasional Malang	www.itn.ac.id
18	Institut Teknologi Sepuluh November	www.its.ac.id
19	Politeknik Elektronika Negeri Surabaya	www.eepis-its.edu
20	Politeknik Manufacturing Bandung	www.polman-bandung.ac.id
21	Politeknik Negeri Bali	www.pnb.ac.id
22	Politeknik Negeri Bandung	www.polban.ac.id
23	Politeknik Negeri Jakarta	www.pnj.ac.id
24	Politeknik Negeri Padang	www.polinpdg.ac.id
25	Politeknik Negeri Semarang	www.polines.ac.id
26	Politeknik Negeri Sriwijaya	www.polisriwijaya.ac.id
27	Sekolah Tinggi Akuntansi Negara	www.stan.ac.id
28	Sekolah Tinggi Ilmu Statistik	www.stis.ac.id
29	Sekolah Tinggi Teknik Surabaya	www.stts.ac.id

No	Perguruan Tinggi	WEBSITE
30	STMIK Amikom Jogjakarta	www.amikom.ac.id
31	STT Telkom	www.stttelkom.ac.id
32	Unikom	www.unikom.ac.id
33	Universitas 17 Agustus	www.untag.ac.id
34	Universitas Ahmad Dahlan	www.uad.ac.id
35	Universitas Airlangga	www.unair.ac.id
36	Universitas Al Azhar	www.uai.ac.id
37	Universitas Andalas	www.unand.ac.id
38	Universitas Atmajaya Jakarta	www.atmajaya.ac.id
39	Universitas Atmajaya Jogjakarta	www.uajy.ac.id
40	Universitas Bengkulu	www.unib.ac.id
41	Universitas Bina Nusantara	www.binus.ac.id
42	Universitas Brawijaya	www.brawijaya.ac.id
43	Universitas Budi Luhur	www.budiluhur.ac.id
44	Universitas Bunda Mulia	www.bundamulia.ac.i
45	Universitas Dian Nuswantoro	www.dinus.ac.id
46	Universitas Diponegoro	www.undip.ac.id
47	Universitas Gajah Mada	www.ugm.ac.id
48	Universitas Gunadharma	www.gunadarma.ac.id
49	Universitas Hasanuddin	www.unhas.ac.id
50	Universitas Indonesia	www.ui.ac.id
51	Universitas Islam Indonesia	www.uii.ac.id
52	Universitas Jenderal Soedirman	www.unsoed.ac.id
53	Universitas Katolik Parahyangan	www.unpar.ac.id
54	Universitas Katolik Soegijopranata	www.unika.ac.id
55	Universitas Kristen Duta Wacana	www.ukdw.ac.id
56	Universitas Kristen Maranatha	www.maranatha.edu
57	Universitas Negeri Surabaya	www.unesa.ac.id
58	Universitas Kristen Petra	www.petra.ac.id
59	Universitas Kristen Satya Wacana	www.uksw.edu

No	Perguruan Tinggi	WEBSITE
60	Universitas Kristen Windya Mandala Sby	www.wima.ac.id
61	Universitas Lampung	www.unila.ac.id
62	Universitas Mataram	www.unram.ac.id
63	Universitas Mercu Buana	www.mercubuana.ac.id
64	Universitas Merdeka Malang	www.unmer.ac.id
65	Universitas Muhammadiyah Malang	www.umm.ac.id
66	Universitas Muhammadiyah Surakarta	www.ums.ac.id
67	Universitas Muhammadiyah Yogyakarta	www.umy.ac.id
68	Universitas Mulawarman	www.unmul.ac.id
69	Universitas Multimedia Nusantara	www.unimedia.ac.id
70	Universitas Nasional	www.unas.ac.id
71	Universitas Negeri Jember	www.unej.ac.id
72	Universitas Negeri Malang	www.um.ac.id
73	Universitas Negeri Medan	www.unimed.ac.id
74	Universitas Negeri Padang	www.unp.ac.id
75	Universitas Negeri Semarang	www.unnes.ac.id
76	Universitas Negeri Yogyakarta	www.uny.ac.id
77	Universitas Padjadjaran	www.unpad.ac.id
78	Universitas Pakuan	www.unpak.ac.id
79	Universitas Palangkaraya	www.upr.ac.id
80	Universitas Pancasila	www.univpancasila.ac.id
81	Universitas Paramadina	www.paramadina.ac.id
82	Universitas Pasundan	www.unpas.ac.id
83	Universitas Pelita Harapan	www.uph.ac.id
84	Universitas Pendidikan Indonesia	www.upi.ac.id
85	Universitas Riau Beranda	www.unri.ac.id
86	Universitas Sam Ratulangi	www.unsrat.ac.id
87	Universitas Sanata Dharma	www.usd.ac.id
88	Universitas Sebelas Maret	www.uns.ac.id
89	Universitas Sriwijaya	www.unsri.ac.id

No	Perguruan Tinggi	WEBSITE
90	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	www.untirta.ac.id
91	Universitas Sumatera Utara	www.usu.ac.id
92	Universitas Surabaya	www.ubaya.ac.id
93	Universitas Syiah Kuala Aceh	www.unsyiah.ac.id
94	Universitas Tadulako	www.untad.ac.id
95	Universitas Tanjung Pura	www.untan.ac.id
96	Universitas Tarumanagara	www.tarumanagara.ac.id
97	Universitas Terbuka	www.ut.ac.id
98	Universitas Trisakti	www.trisakti.ac.id
99	Universitas Udayana	www.unud.ac.id
100	Universitas Widyagama Malang	www.widyagama.ac.id

LAMPIRAN 2: Hasil Pengamatan Terhadap *Sample*

NO	PT	SISTEM INFORMASI																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	PT001	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
2	PT002	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
3	PT003	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
4	PT004	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	PT005	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
6	PT006	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
7	PT007	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
8	PT008	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
9	PT009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
10	PT010	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
11	PT011	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
12	PT012	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
13	PT013	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
14	PT014	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
15	PT015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
16	PT016	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
17	PT017	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
18	PT018	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
19	PT019	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
20	PT020	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
21	PT021	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
22	PT022	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
23	PT023	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
24	PT024	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
25	PT025	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
26	PT026	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
27	PT027	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
28	PT028	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
29	PT029	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
30	PT030	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
31	PT031	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0

NO	PT	SISTEM INFORMASI																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
32	PT032	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
33	PT033	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
34	PT034	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
35	PT035	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
36	PT036	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
37	PT037	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
38	PT038	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
39	PT039	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
40	PT040	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
41	PT041	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
42	PT042	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
43	PT043	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
44	PT044	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
45	PT045	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
46	PT046	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
47	PT047	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
48	PT048	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
49	PT049	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
50	PT050	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
51	PT051	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
52	PT052	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
53	PT053	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
54	PT054	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
55	PT055	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
56	PT056	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
57	PT057	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
58	PT058	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
59	PT059	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
60	PT060	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
61	PT061	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
62	PT062	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
63	PT063	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
64	PT064	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
65	PT065	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0

NO	PT	SISTEM INFORMASI																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
66	PT066	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	
67	PT067	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
68	PT068	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
69	PT069	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
70	PT070	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
71	PT071	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
72	PT072	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
73	PT073	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
74	PT074	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
75	PT075	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
76	PT076	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
77	PT077	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
78	PT078	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
79	PT079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
80	PT080	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
81	PT081	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
82	PT082	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
83	PT083	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
84	PT084	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
85	PT085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
86	PT086	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
87	PT087	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
88	PT088	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
89	PT089	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
90	PT090	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
91	PT091	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
92	PT092	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
93	PT093	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
94	PT094	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
95	PT095	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
96	PT096	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
97	PT097	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
98	PT098	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
99	PT099	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0

NO	PT	SISTEM INFORMASI																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
100	PT100	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
TOTAL		94	87	60	87	27	0	81	33	80	3	1	0	83	7	100	87	43	8