



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Suhardi

**KONTRIBUSI
KOMPUTASI LAYANAN (*SERVICE COMPUTING*)
TERHADAP TRANSFORMASI DIGITAL
SEKTOR INDUSTRI JASA DAN
SEKTOR PELAYANAN PUBLIK**

13 Juli 2019
Aula Barat Institut Teknologi Bandung

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
13 Juli 2019

Profesor Suhardi

**KONTRIBUSI
KOMPUTASI LAYANAN (*SERVICE COMPUTING*)
TERHADAP TRANSFORMASI DIGITAL
SEKTOR INDUSTRI JASA DAN
SEKTOR PELAYANAN PUBLIK**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: KONTRIBUSI KOMPUTASI LAYANAN (*SERVICE COMPUTING*)
TERHADAP TRANSFORMASI DIGITAL SEKTOR INDUSTRI JASA DAN
SEKTOR PELAYANAN PUBLIK
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 13 Juli 2019.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis
Data katalog dalam terbitan

Suhardi

KONTRIBUSI KOMPUTASI LAYANAN (*SERVICE COMPUTING*)
TERHADAP TRANSFORMASI DIGITAL SEKTOR INDUSTRI JASA DAN
SEKTOR PELAYANAN PUBLIK
Disunting oleh Suhardi

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2019
xiii+102 h., 17,5 x 25 cm
ISBN 978-602-6624-31-4
1. Teknologi Informasi 1. Suhardi

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas selesainya buku orasi ilmiah ini yang disampaikan pada hari Sabtu, 13 Juli 2019 di Aula Barat di depan Forum Guru Besar ITB dan para undangan yang terhormat. Suatu Kehormatan bagi Penulis dapat menyampaikan Orasi Ilmiah ini dengan judul **Kontribusi Komputasi Layanan (*Service Computing*) Terhadap Transformasi Digital Sektor Industri Jasa dan Sektor Pelayanan Publik**.

Sebenarnya Penulis ingin menyampaikan banyak hal pada kesempatan ini, namun mengingat waktu yang terbatas maka orasi ilmiah ini dibatasi pada beberapa hal saja, yaitu tentang keilmuan komputasi layanan (*service computing*) yang mencakup latar belakang lahirnya keilmuan komputasi layanan dan tantangan ke depan, kontribusi komputasi layanan terhadap sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik, beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan Penulis, penelitian dan inovasi komputasi layanan ke depan.

Orasi ilmiah ini merupakan sebagian dari tanggung jawab moral dan akademis Penulis yang telah dikukuhkan sebagai Guru Besar dalam keilmuan komputasi layanan (*service computing*). Oleh sebab itu Penulis membuka diri untuk berkolaborasi dengan semua pihak dalam rangka memajukan keilmuan komputasi, komputasi layanan, dan keilmuan-keilmuan terkait komputasi layanan. Penulis juga terbuka menerima saran dan kritik terhadap isi orasi ilmiah ini untuk penyempurnaan keilmuan komputasi layanan dan kontribusinya kepada masyarakat

akademik maupun masyarakat luas, utamanya kepada pengembangan keilmuan komputasi dan komputasi layanan serta kontribusinya terhadap sektor industri jasa dan pelayanan publik.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua anggota *Service Computing Labs*, KKTI, ITB, terutama mahasiswa S-3 Penulis dan semua pihak yang telah membantu penyusunan bahan orasi ilmiah ini, serta istri tercinta yang telah mendukung dan menemani selama proses penyusunan dan penyelesaian bahan orasi ilmiah ini.

Bandung, 13 Juli 2019

Suhardi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
SINOPSIS	ix
I. PENDAHULUAN	1
II. KEILMUAN KOMPUTASI LAYANAN (<i>SERVICE COMPUTING</i>)	5
A. Komputasi Layanan Dalam Tinjauan Filsafat Ilmu	6
1. Ontologi Komputasi Layanan	6
2. Epistemologi Komputasi Layanan	12
3. Aksiologi Komputasi Layanan	15
B. Posisi Perkembangan Keilmuan Komputasi Layanan Saat Ini Dalam Tinjauan Paradigma Sains Thomas S. Khun	16
III. KONTRIBUSI KOMPUTASI LAYANAN TERHADAP KEBERHASILAN TRANSFORMASI DIGITAL SEKTOR INDUSTRI JASA DAN SEKTOR PELAYANAN PUBLIK	22
A. Penelitian dan Inovasi Komputasi Layanan	25
B. Kontribusi Komputasi Layanan Terhadap Proses Transformasi Digital Sektor Industri Jasa	29
C. Kontribusi Komputasi Layanan Terhadap Kinerja Layanan Publik Pemerintahan di Sektor Pelayanan Publik	31
D. Beberapa Hasil Riset dan Inovasi Yang Telah Dihasilkan di Service Computing Labs KKTI – STEI - ITB	35
1. Model Referensi Platform Sistem Komputasi Layanan	35

DAFTAR GAMBAR

2. Metodologi Rekayasa Platform Sistem Komputasi Layanan	42
3. Teknik Pengukuran Kinerja Rekayasa Platform Sistem Komputasi Layanan	48
4. Teknik Pengukuran Kinerja Platform Sistem Komputasi Layanan	52
5. Platform Smart Campus	59
6. Hasil-Hasil Penelitian Lainnya	64
IV. TANTANGAN DAN PELUANG KEILMUAN KOMPUTASI LAYANAN KE DEPAN	65
A. Pengembangan Keilmuan Komputasi Layanan Dalam Arah Monodisiplin, Interdisiplin, dan Multidisiplin	65
B. Paradigma Berorientasi Layanan Pada Desain/Rekayasa Sistem Berbasis Teknologi Informasi dan Perangkat Lunak Kompleks	67
C. Komposisi Layanan Dengan Pendekatan <i>Open Scenario</i>	69
D. Platform Komputasi Layanan Cerdas dan Aman	72
V. PENUTUP	76
UCAPAN TERIMA KASIH	78
DAFTAR PUSTAKA	80
CURRICULUM VITAE	99

Gambar II.1 Ontologi komputasi layanan ditinjau dari keilmuan monodisiplin	9
Gambar II.2 Ontologi komputasi layanan ditinjau dari keilmuan interdisiplin	11
Gambar II.3 Epistemologi Komputasi Layanan	13
Gambar II.4 Siklus Perkembangan Keilmuan Dalam Tinjauan Paradigma Sains Thomas S. Kuhn (Adopsi dari Kuhn, 1962)	17
Gambar III.1 Model pengembangan pelayanan publik	33
Gambar III.2 Model referensi platform sistem komputasi layanan (Kurniawan dkk., 2019)	38
Gambar III.3 Kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan (SCSEF) (Kurniawan dkk., 2019a)	46
Gambar III.4 <i>Acceptance model</i> (υ) untuk evaluasi kerangka kerja (Adaptasi dari (Venkatesh dan Davis, 1996))	51
Gambar III.5 System of systems (SOS) dari platform smart campus	62
Gambar III.6 Platform <i>smart campus</i> menurut sistem layanan	63

SINOPSIS

Komputasi layanan (*service computing*) merupakan keilmuan yang perkembangannya dapat ditinjau dari sudut pandang monodisiplin maupun interdisiplin. Menurut pandangan monodisiplin, komputasi layanan lahir dari kehadiran paradigma berorientasi layanan dalam memandang komputasi untuk menghasilkan layanan perangkat lunak (*software service*). Paradigma berorientasi layanan ini menambahkan pada 2 (dua) paradigma yang telah ada dalam memandang komputasi, yaitu paradigma terstruktur dan paradigma berorientasi obyek. Sedangkan menurut pandangan interdisiplin, komputasi layanan berkembang paling tidak dari 2 keilmuan yaitu keilmuan komputasi (*computing*) dalam rumpun keilmuan teknik elektro dan informatika dengan keilmuan layanan (*service science*) dan SSME (*service science, management, and engineering*) dalam rumpun keilmuan manajemen, khususnya manajemen jasa (*service management*) untuk menghasilkan sistem layanan (*service systems*) berbasis komputasi layanan untuk menjalankan bisnis dan manajemen jasa serta pelayanan publik. Oleh sebab itu komputasi layanan mempunyai paling tidak 2 (dua) obyek telaah, yaitu layanan perangkat lunak (*software service*) dan sistem layanan (*service systems*).

Orasi ilmiah ini membahas kontribusi keilmuan komputasi layanan terutama pada transformasi digital sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik. Di era ekonomi jasa saat ini, peran sektor jasa berkontribusi di atas 70 % di negara-negara maju seperti USA, Singapura, dan negara-negara OECD. Peran sektor industri jasa di Indonesia masih di

bawah 30 %. Sedangkan sektor pelayanan publik di Indonesia masih tertinggal jauh dibanding dengan negara-negara seperti Korea Selatan, Singapura, USA, dan negara-negara maju lainnya. Transformasi digital terjadi pada sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik. Oleh sebab itu kontribusi komputasi layanan untuk mencapai keberhasilan transformasi digital sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik berpeluang sangat besar di Indonesia.

Orasi ilmiah ini juga melaporkan hasil-hasil penelitian yang telah penulis lakukan terutama dalam bidang *service design*, 1 (satu) dari 4 (empat) tantangan penelitian dan inovasi pada komputasi layanan, yaitu, *service design*, *service composition*, *crowd-sourcing service reputation*, dan *Internet of Things (IoT)*. Hasil-hasil penelitian tersebut antara lain adalah : model referensi platform sistem komputasi layanan, metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan, teknik pengukuran kinerja metodologi rekayasa sistem komputasi layanan, teknik pengukuran kinerja platform sistem komputasi layanan, dan platform smart campus. Selain itu juga disampaikan penelitian-penelitian dan inovasi-inovasi komputasi layanan yang sedang dilakukan di *Service Computing Labs*, Kelompok Keilmuan Teknologi Informasi (KKTI), Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI), ITB.

Sebagai penutup disampaikan beberapa tantangan dan peluang penelitian dan inovasi komputasi layanan ke depan. Peluang dan tantangan tersebut antara lain adalah: pengembangan keilmuan komputasi layanan dalam arah monodisiplin dan interdisiplin yang memberikan kontribusi terhadap sektor industri jasa digital dan sektor

pelayanan publik digital, paradigma berorientasi layanan pada desain/rekayasa sistem berbasis Teknologi Informasi (TI) dan perangkat lunak kompleks, komposisi layanan dengan pendekatan skenario terbuka (*open scenario*), serta komputasi layanan cerdas dan aman.

KONTRIBUSI KOMPUTASI LAYANAN (*SERVICE COMPUTING*) TERHADAP TRANSFORMASI DIGITAL SEKTOR INDUSTRI JASA DAN SEKTOR PELAYANAN PUBLIK

I. PENDAHULUAN

Keilmuan komputasi (*computing*) merupakan keilmuan yang berumur sama tuanya dengan lahirnya alat bantu hitung pertama kali, yang terus berkembang sebagai keilmuan penting di rumpun keilmuan teknik elektro dan informatika. Keilmuan komputasi berkembang dalam arah spesialisasi (monodisiplin), multidisiplin, interdisiplin, maupun transdisiplin. Monodisiplin adalah cara pandang terhadap suatu keilmuan yang fokus pada satu disiplin akademik untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu. Interdisiplin adalah cara pandang yang melibatkan transfer suatu disiplin akademik ke dalam disiplin akademik lainnya untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu, sehingga mampu memunculkan metode baru atau disiplin akademik yang baru.¹ Pada interdisiplin, dapat terjadi percampuran dan integrasi antar disiplin namun tidak terjadi peleburan. Pendekatan interdisiplin didasarkan pada model konsep yang menghubungkan atau mengintegrasikan kerangka teoritis dari berbagai disiplin ilmu tersebut, menggunakan rancangan metodologi yang tidak terbatas pada hanya satu bidang saja, dan

1 Peraturan Senat Akademik Institut Teknologi Bandung Nomor: 14/SK/11-SA/OT/2018 tentang Pendekatan Multidisiplin, Interdisiplin, dan Transdisiplin dalam Penyelenggaraan Tridharma Perguruan Tinggi di Institut Teknologi Bandung, hal 4-6.

memerlukan pemanfaatan perspektif dan keterampilan disiplin ilmu yang terlibat melalui beberapa fase proses penelitian.

Salah satu perkembangan keilmuan komputasi (*computing*) adalah terspesialisasi ke dalam bidang tertentu yang membutuhkan komputasi yang khusus atau yang mempunyai kebutuhan khusus terhadap komputasi. *Social computing (computational social system)* merupakan spesialisasi keilmuan komputasi pada bidang sosial (sistem sosial). *Computational Medicine* merupakan sebuah disiplin yang sedang berkembang yang mengembangkan pendekatan kuantitatif untuk memahami mekanisme, diagnosis, dan penanganan penyakit-penyakit pada manusia melalui aplikasi/penerapan matematika, rekayasa, dan ilmu komputasi. Contoh lain terjadinya spesialisasi keilmuan komputasi pada bidang-bidang tertentu adalah *behavioral computing*, *cognitive computing*, dan *service computing*. *Service computing* lahir memiliki paling tidak 2 (dua) *drivers* (penggerak), pertama karena munculnya paradigma baru dalam memandang komputasi yang terjadi karena pergeseran dari paradigma *object oriented* ke *service oriented* dan kedua karena pengaruh perkembangan *service science, management, and engineering (SSME)* dari keilmuan bisnis dan manajemen terutama bisnis dan manajemen jasa (*service business and management*). SSME dipelopori oleh IBM ketika melakukan pergeseran filosofi bisnisnya dari perusahaan penjual *hardware* dan *software* menjadi perusahaan penyedia jasa solusi bagi bisnis mitra-mitranya (*customers*). Oleh sebab itu perkembangan keilmuan *service computing* (komputasi layanan) dapat dipandang dari sudut pandang monodisiplin, multidisiplin, maupun interdisiplin.

Pengembangan keilmuan komputasi layanan (*service computing*) dalam arah monodisiplin berusaha menemukan konsep, teori, metode, teknik, dan teknologi yang lebih baik untuk mewujudkan paradigma berorientasi layanan (*service oriented paradigm*) dalam memandang sistem komputasi dan mewujudkan layanan perangkat lunak (*software services*) yang semakin sempurna. SOA (*Service Oriented Architecture*) yang dipromosikan pada awal tahun 2000an dapat dipandang sebagai awal perkembangan keilmuan komputasi layanan (*service computing*). SOA sebagai sebuah konsep atau cara pandang arsitektur pengembangan aplikasi perangkat lunak yang berorientasi layanan telah melahirkan paradigma SOC (*Service Oriented Computing*) yang memandang komputasi berorientasi layanan. Hasil inovasi yang sampai hari ini telah digunakan dan terus dikembangkan adalah *cloud computing* dan *web service*. Dua hasil inovasi lainnya yang sedang dalam pengembangan adalah *edge computing* dan *fog computing*.

Pengembangan keilmuan komputasi layanan dalam arah interdisiplin dan multidisiplin digerakkan oleh 2 (dua) faktor utama. Faktor pertama adalah perkembangan perekonomian dunia menuju *service economy* (ekonomi jasa) dimana sektor jasa mengambil peranan yang semakin besar. Hal ini telah menghasilkan keilmuan baru *service science* (sains layanan). Kemudian lahir berikutnya adalah SSME (*service science, management, and engineering*) menjelang tahun 2000. Kontribusi sektor jasa terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) semakin meningkat. Kontribusi sektor jasa terhadap PDB di negara-negara OECD sudah mencapai di atas 70%. Berdasarkan Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2008 sampai

2013, sektor industri pengolahan mendominasi kontribusi PDB Indonesia sekitar 25%. Namun demikian sejak 2014 kontribusi ini menurun hingga 19% di tahun 2018, sedangkan sektor jasa dalam 10 (sepuluh) tahun terakhir meningkat terus dari 18% di tahun 2008 menjadi 23% di tahun 2018. Sehingga di tahun 2018 sektor jasa mendominasi kontribusi PDB Indonesia. Faktor kedua adalah transformasi digital yang sedang terjadi pada sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik. Transformasi digital sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik ini membutuhkan dukungan sistem layanan dan layanan perangkat lunak yang menjadi obyek utama penelitian keilmuan komputasi layanan dan obyek utama inovasi teknologi komputasi layanan.

Tantangan-tantangan di atas menjadi semakin menarik sekaligus krusial ketika komputasi layanan menjadi salah satu alternatif jawaban terhadap persoalan transformasi digital yang terjadi pada sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik. Transformasi digital pada sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik ini sedang mencari/membutuhkan aplikasi sains dan teknologi sistem komputasi layanan yang dapat menyelaraskan kebutuhan layanan bisnis dengan layanan TI. Oleh sebab itu orasi ilmiah ini mengambil judul *“Kontribusi Komputasi Layanan (Service Computing) Terhadap Transformasi Digital Sektor Industri Jasa dan Sektor Pelayanan Publik”*.

Orasi ilmiah ini dibagi dalam 5 bagian. Bagian I adalah pendahuluan yang sudah disampaikan ini. Bagian II adalah deskripsi komputasi layanan (*service computing*) sebagai sebuah keilmuan ditinjau dari filsafat ilmu. Bagian III adalah kontribusi komputasi layanan terhadap

keberhasilan transformasi digital sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik. Bagian IV adalah tantangan dan peluang keilmuan komputasi layanan ke depan. Bagian akhir, bagian V, adalah penutup.

II. KEILMUAN KOMPUTASI LAYANAN (*SERVICE COMPUTING*)

Apakah komputasi layanan merupakan keilmuan? pertanyaan ini dapat dijawab menggunakan tinjauan filsafat ilmu. Dalam pandangan filsafat ilmu, sebuah keilmuan harus memenuhi 3 aspek yaitu: aspek ontologi, epistemologi, dan aksiologi. Aspek ontologi membahas tentang apa yang ingin diketahui. Telaah aspek ontologis akan menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang apa obyek ilmu yang akan ditelaah, bagaimana wujud yang hakiki dari obyek tersebut, dan bagaimana hubungan antara obyek tadi dengan daya tangkap manusia (seperti berpikir, merasa, dan mengindera) yang membuahkan pengetahuan (Jujun S. Sumantri, 2009). Ontologi merupakan azas dalam menerapkan batas atau ruang lingkup wujud yang menjadi obyek penelaahan (obyek ontologis atau obyek formal dari pengetahuan) serta penafsiran tentang hakikat realita (metafisika) dari obyek ontologi atau obyek formal tersebut dan dapat merupakan landasan ilmu yang menanyakan apa yang dikaji oleh pengetahuan dan biasanya berkaitan dengan alam kenyataan dan keberadaan (Soetrisno & Hanafie, 2007). Dengan demikian, ontologi merepresentasikan hakikat benda atau obyek yang akan ditelaah atau diteliti oleh keilmuan tersebut dan asal keilmuan dari hakikat obyek yang ditelaah atau dibahas tersebut. Epistemologi merupakan metode atau cara yang digunakan untuk menemukan ilmu pengetahuan atau dengan kata

lain metode yang digunakan untuk melakukan penelitian atau bagaimana caranya mendapatkan pengetahuan di dalam keilmuan tersebut. Epistemologi merupakan suatu cara/teknik/sarana yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan yang diakui sebagai ilmu (ilmu pengetahuan) baru dalam keilmuan tersebut. Hal ini biasa disebut juga dengan metode ilmiah yaitu prosedur dalam mendapatkan pengetahuan yang disebut ilmu. Alur berfikir yang tercakup dalam metode ilmiah dapat dijabarkan dalam beberapa langkah yang mencerminkan tahap-tahap dalam kegiatan ilmiah. Aksiologi membahas manfaat ilmu atau keilmuan tertentu.

A. Komputasi Layanan Dalam Tinjauan Fisafat Ilmu

Pada bagian ini akan ditunjukkan bahwa komputasi layanan merupakan sebuah keilmuan yang mandiri dalam pengertian memenuhi 3 aspek filsafat ilmu, yaitu : ontologi, epistemologi, dan aksiologi.

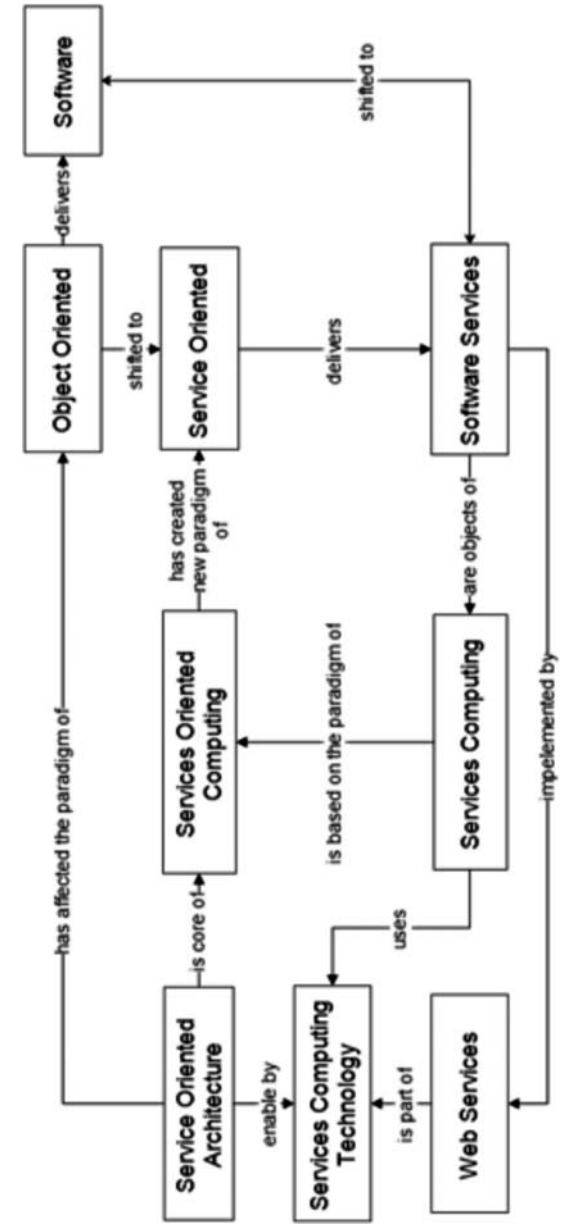
1. Ontologi Komputasi Layanan

Ontologi komputasi layanan dapat dilihat dari dua hal, yaitu dari asal keilmuan komputasi layanan dan dari obyek yang dibahas keilmuan komputasi tersebut. Berdasarkan asal keilmuan, komputasi layanan dapat diposisikan sebagai perkembangan paradigma atau cara pandang berdasarkan pendekatan monodisiplin dan interdisiplin. Berdasarkan pendekatan monodisiplin, komputasi layanan berasal dari bidang disiplin keilmuan komputasi (*computing*) yang memandang komputasi dengan paradigma berorientasi layanan (*services oriented paradigm*). Perkem-

bangun komputasi layanan secara monodisiplin ditandai dengan munculnya konsep *Services Oriented Architecture* (SOA) yang merupakan cara pandang arsitektur aplikasi perangkat lunak (atau sistem berbasis perangkat lunak) yang berorientasi layanan. Kemunculan SOA menjadi tonggak awal munculnya paradigma *service oriented computing* (SOC) sebagai cara pandang komputasi berorientasi layanan (Sarjoughian dkk., 2008; Zhang 2007). Dalam paradigma SOC ini, SOA digunakan sebagai dasar arsitektur untuk membangun atau mengembangkan aplikasi perangkat lunak berorientasi layanan atau disebut sebagai *software services* (Gu dan Lago, 2007; Cai dkk., 2006). SOA mengusulkan atau melengkapi cara pandang baru, yaitu cara pandang baru dalam pengembangan aplikasi yang sebelumnya berdasarkan pada paradigma *object oriented* (OO) menjadi *service oriented* (SO) (Gu dan Lago, 2009,). Hal ini melahirkan teknik baru yang disebut sebagai *service oriented software engineering* (SOSE) sebagai cara pandang/pendekatan baru dalam pengembangan atau pembangunan aplikasi perangkat lunak berorientasi layanan dengan menggunakan SOA (Paul dan Jacob, 2017; Gu dan Lago, 2009). SOC dan SOA inilah yang menjadi dasar perkembangan paradigma pengembangan aplikasi perangkat lunak berorientasi layanan (*software services*) dengan menggunakan teknologi *web services* (Rodriguez dkk., 2018; Gu dan Lago, 2011; Zhang, 2007). Selanjutnya *services computing* atau komputasi layanan merupakan perkembangan dari paradigma *service oriented computing* (SOC) yang fokus pada cara pandang komputasi berorientasi layanan, yang mencakup teknologi komputasi layanan, arsitektur berorientasi layanan, pengembangan aplikasi berorientasi layanan, dan kinerja aplikasi berorientasi layanan (Bougettaya, dkk., 2017;

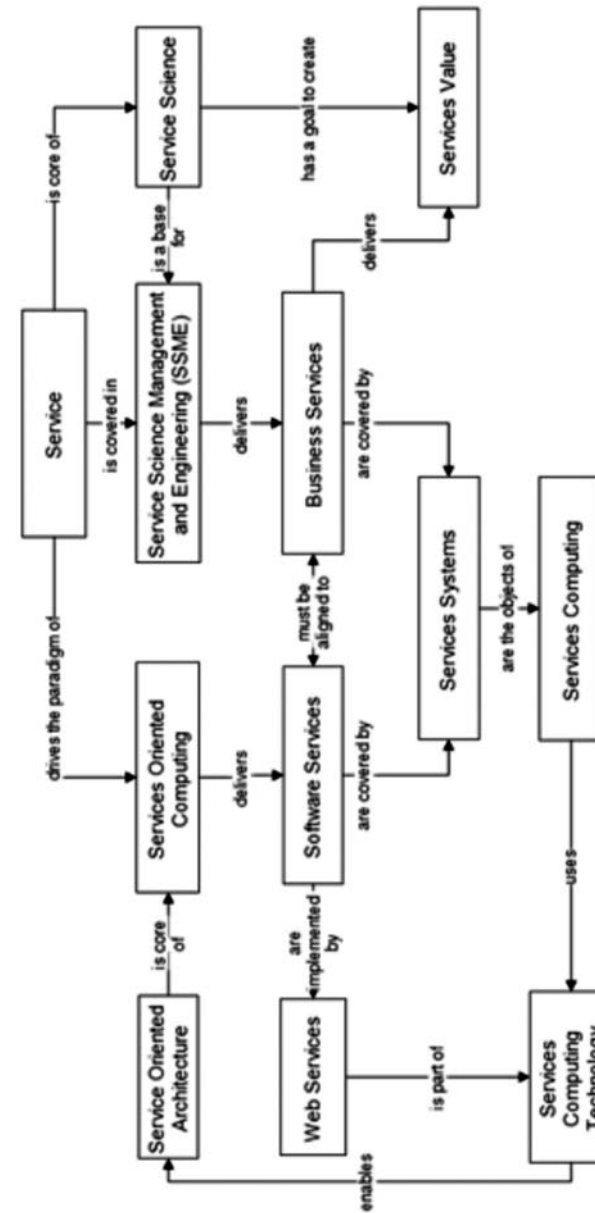
Wu dkk., 2015; Zhang 2007). Berdasarkan asal keilmuan tersebut, maka obyek yang dibahas pada komputasi layanan berdasarkan pendekatan monodisiplin adalah *software services* atau layanan perangkat lunak beserta aspek-aspeknya. Gambar II.1 memperlihatkan ontologi komputasi layanan berdasarkan cara pandang keilmuan monodisiplin.

Berdasarkan cara pandang interdisiplin, komputasi layanan mengintegrasikan beberapa bidang disiplin keilmuan yang terkait, yaitu disiplin keilmuan komputasi (*computing*) yang khusus berfokus pada *services* (SOC) dan disiplin keilmuan layanan, yaitu: *Services Science*, dan *Service Science Management and Engineering* (SSME) (Zhang dan Chang, 2008; Zhang, 2008; Zhao dkk., 2007). Dari sudut pandang keilmuan computing, komputasi layanan mengkolaborasikan berbagai disiplin keilmuan *computing* dari IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) dan ACM (Association for Computing Machinery), sekaligus mengintegrasikan berbagai komponen (obyek) disiplin keilmuan tersebut. Ruang lingkup komputasi layanan mencakup layanan yang diberikan oleh perangkat komputer, infrastruktur dan jaringan komunikasi data (*hardware services*), layanan aplikasi/perangkat lunak, teknologi layanan, dan protocols (*software services*), serta layanan bisnis organisasi, penyedia layanan, dan fasilitas layanan (*business services*). Sedangkan dari sudut pandang keilmuan layanan, maka komputasi layanan mengkolaborasikan antara *Service Science* (sains layanan), *Service Science, Management and Engineering* (SSME) dengan *Service Oriented Computing* (SOC). SSME sebagai perkembangan dari *Service Science* lebih berfokus pada rekayasa dan manajemen layanan bisnis yang didukung



Gambar II. 1 Ontologi komputasi layanan ditinjau dari keilmuan monodisiplin

oleh layanan teknologi informasi (TI) untuk menghasilkan nilai layanan (*service value*), sedangkan SOC lebih berfokus pada SOA dan teknologi komputasi layanan (*web services*) untuk menghasilkan layanan TI yang dapat mendukung layanan bisnis organisasi. Dengan demikian, komputasi layanan mengintegrasikan dan mengkolaborasikan berbagai jenis layanan yang berasal dari berbagai disiplin keilmuan tersebut dan mentransformasikannya menjadi sebuah sistem layanan. Berdasarkan asal keilmuan dengan pendekatan interdisiplin, maka obyek yang dibahas pada komputasi layanan adalah pengembangan sistem layanan (*services systems*) yang ditinjau dari dua hal, yaitu pengembangan sistem layanan dengan menerapkan SOA dan teknologi komputasi berorientasi layanan dan pemanfaatan/penerapan teknologi komputasi berorientasi layanan untuk membangun/mengembangkan sistem layanan. Gambar II.2 memperlihatkan ontologi komputasi layanan berdasarkan cara pandang interdisiplin.

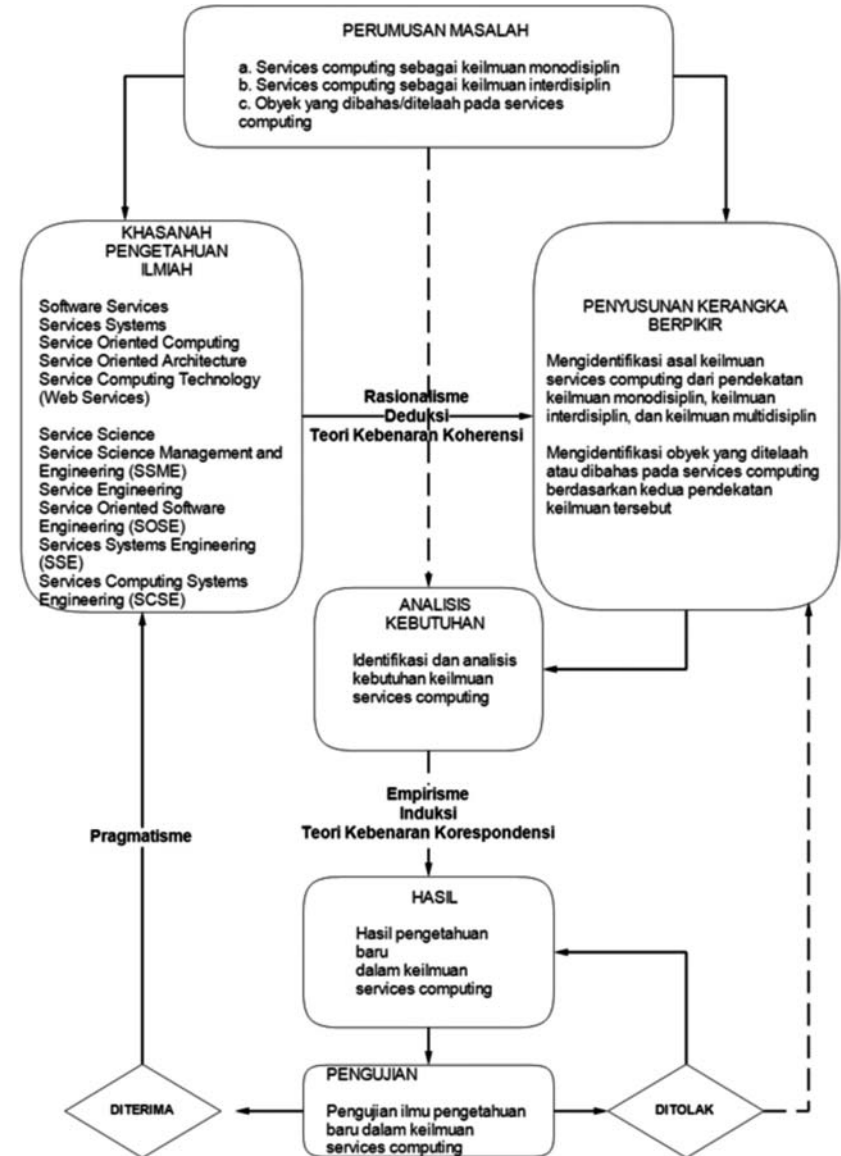


Gambar II. 2 Ontologi komputasi layanan ditinjau dari keilmuan interdisiplin.

2. Epistemologi Komputasi Layanan

Epistemologi komputasi layanan adalah teknik/cara/metode untuk mendapatkan pengetahuan baru yang diakui sebagai ilmu baru (ilmu pengetahuan baru) dalam keilmuan komputasi layanan. Epistemologi komputasi layanan dapat dilihat pada Gambar II.3. Epistemologi diawali dengan mengidentifikasi rumusan masalah yang dibahas di dalam keilmuan komputasi layanan.

Perumusan masalah meliputi asal keilmuan komputasi layanan yang ditinjau dari dua pendekatan keilmuan, yaitu sebagai keilmuan monodisiplin dan interdisiplin, dan obyek yang dibahas/ditelaah pada komputasi layanan. Pemahaman terhadap perumusan masalah tersebut membutuhkan khasanah pengetahuan ilmiah dan penyusunan kerangka berpikir. Khasanah pengetahuan ilmiah dibutuhkan sebagai latar belakang keilmuan yang diperlukan untuk memahami dan memecahkan rumusan masalah tersebut sedangkan kerangka berpikir dibutuhkan sebagai panduan untuk mengidentifikasi pola berpikir dalam memecahkan rumusan masalah. Khasanah pengetahuan ilmiah yang dibahas pada komputasi layanan dapat dikelompokkan menurut: (1) obyek yang dibahas pada komputasi layanan: *software services* dan *services system*, (2) paradigma atau cara pandang terkait keilmuan komputasi layanan: *services oriented computing* (SOC), *service oriented architecture* (SOA), dan *services computing technology* (*web services*), dan (3) disiplin keilmuan lainnya yang terkait: *service science*, *SSME*, *service engineering*, *service oriented software engineering*, *service system engineering*, dan *service computing system engineering*.



Gambar II.3. Epistemologi Komputasi Layanan

Sementara itu, penyusunan kerangka berpikir untuk memahami perumusan masalah sekaligus sebagai dasar analisis kebutuhan penelitian meliputi dua kerangka, yaitu (1) mengidentifikasi asal keilmuan *services computing* dari pendekatan keilmuan monodisiplin dan keilmuan interdisiplin, dan (2) mengidentifikasi obyek yang ditelaah atau dibahas pada *services computing* berdasarkan kedua pendekatan keilmuan tersebut. Pada tahap ini, diterapkan prinsip rasionalisme dengan menggunakan metode deduksi dengan teori kebenaran koherensi. Penerapan prinsip rasionalisme dan metode deduksi ini juga digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan keilmuan komputasi layanan. Selanjutnya, dilakukan tahap pengujian hasil keilmuan komputasi layanan untuk memperoleh kajian dari keilmuan komputasi layanan secara empiris dengan menggunakan metode induksi dan teori kebenaran korespondensi. Langkah terakhir adalah pengujian keilmuan komputasi layanan yang akan menghasilkan dua pilihan, apakah disetujui atau ditolak.

Berdasarkan epistemologi keilmuan komputasi layanan, maka prinsip rasionalisme dan prinsip empirisme dibutuhkan untuk memformulasikan kerangka berpikir dalam melakukan identifikasi dan analisa kebutuhan keilmuan komputasi layanan. Metode deduktif dibutuhkan untuk mendapatkan kerangka berpikir keilmuan komputasi layanan yang didasarkan pada teori kebenaran koherensi, sedangkan metode induktif dibutuhkan untuk mendapatkan hasil keilmuan komputasi layanan yang didasarkan pada teori kebenaran korespondensi. Oleh sebab itu, epistemologi komputasi layanan dapat diperoleh dengan

menggunakan metode deduktif dan induktif yang didasarkan pada teori kebenaran koherensi dan teori kebenaran korespondensi.

Software services dan *services systems* merupakan obyek yang dibahas dan ditelaah pada keilmuan komputasi layanan. Kedua obyek tersebut harus dapat dihasilkan (dibangun/dikembangkan) dengan menggunakan metodologi yang relevan dan sesuai. Dalam keilmuan komputasi layanan, kegiatan desain dan/atau rekayasa (*engineering*) menjadi landasan utama di dalam membangun sistem layanan (layanan bisnis dan layanan TI) atau layanan aplikasi perangkat lunak. Oleh karena itu dibutuhkan metodologi desain dan/atau rekayasa (*engineering*) untuk merealisasikan kedua obyek komputasi layanan tersebut. Pada praktiknya, kedua metodologi desain dan/atau rekayasa (*engineering*) tersebut menjadi satu kesatuan di dalam pengembangan layanan dan sistem layanan.

3. Aksiologi Komputasi Layanan

Aksiologi keilmuan komputasi layanan mencakup manfaat yang diperoleh dari keilmuan komputasi layanan dan termasuk manfaat penerapannya secara luas. Aksiologi keilmuan komputasi layanan tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan pilihan cara pandang (paradigma) pengembangan layanan perangkat lunak dan sistem layanan yang semakin lengkap dan semakin baik, yang sebelumnya hanya cara pandang terstruktur (*structured approach*) dan cara pandang berorientasi obyek (*object-oriented*) menjadi bertambah satu cara pandang yaitu cara pandang berorientasi layanan (*service-oriented*),

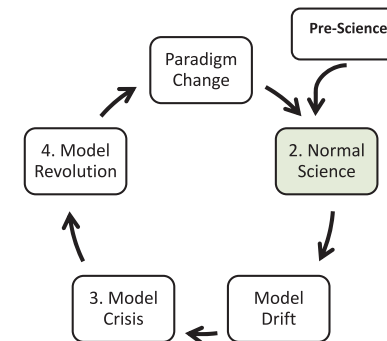
- b. Memperbaiki cara membangun aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk implementasi sistem layanan agar memberikan kinerja dan kualitas aplikasi yang lebih baik melalui proses pembuatan dan pembangunan aplikasi yang berorientasi layanan.
- c. Mendorong pertumbuhan industri aplikasi perangkat lunak (*software*) khususnya *software services* dan sistem layanan berbasis TI yang mendukung proses transformasi digital di sektor industri jasa, sektor pelayanan publik, dan *servitization* di industri-industri di luar sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik.
- d. Memperbaiki kinerja sistem layanan yang telah/sedang bertransformasi digital baik di sektor industri jasa maupun sektor layanan publik.

B. Posisi Perkembangan Keilmuan Komputasi Layanan Saat Ini Dalam Tinjauan Paradigma Sains Thomas S. Khun

Sebuah keilmuan memiliki siklus hidupnya sendiri-sendiri. Siklus hidup ini mencakup fase kelahiran keilmuan baru, fase pembuktian kebenaran keilmuan baru tersebut sekaligus penolakan/keraguan kebenaran kehadiran keilmuan baru tersebut, sampai pada fase ilmu tersebut diterima sebagai sebuah ilmu yang sudah terbukti dan diakui. Keilmuan komputasi layanan termasuk keilmuan yang masih baru. Oleh sebab itu dalam bagian ini akan dilihat keberadaan/fase dari keilmuan komputasi layanan saat ini. Keberadaan keilmuan komputasi layanan

tersebut akan dilihat dari salah satu sudut pandang perkembangan keilmuan menurut Thomas S. Khun.

Pandangan Thomas Kuhn dalam bukunya berjudul *“The Structure of Scientific Revolutions,”*² mempengaruhi persepsi orang/ilmuwan tentang perkembangan ilmu. Jika sebagian orang mengatakan bahwa ilmu bersifat linier-akumulatif, maka tidak demikian dengan pandangan Kuhn. Menurutnya, ilmu bergerak melalui tahapan-tahapan yang akan berpuncak pada kondisi normal, yang kemudian usang karena digantikan oleh ilmu atau pandangan baru. Pandangan baru akan mengancam pandangan lama yang sebelumnya juga menjadi paradigma baru. Gambar II.4 memperlihatkan siklus alur perkembangan suatu keilmuan dalam tinjauan paradigma sains Thomas S. Khun.



Gambar II.4. Siklus Perkembangan Keilmuan Dalam Tinjauan Paradigma Sains Thomas S. Kuhn (Adopsi dari Kuhn, 1962)

² Thomas Khun, *The Structure of Scientific Revolutions*, 1962

Adapun pandangan Kuhn tentang perkembangan ilmu dan revolusi ilmiah dapat dilihat melalui tahapan-tahapan atau skema-skema, sebagai berikut:

1. Pra Paradigma – Pra Science

Pada tahap ini aktivitas-aktivitas ilmiah dilakukan secara terpisah dan tidak terorganisir. Hal tersebut dikarenakan oleh tidak adanya persetujuan atau adanya persetujuan yang kecil/lemah dan bahkan tidak adanya persetujuan tentang *subject matter, problem* dan prosedur diantara para ilmuwan. Hal ini juga disebabkan karena tidak adanya suatu pandangan tersendiri yang diterima oleh semua ilmuwan tentang suatu teori. Disamping itu, terdapat beberapa ilmuwan yang mengusulkan beberapa aliran baru dari kombinasi dan modifikasi terhadap aliran yang sudah ada, dan setiap aliran tersebut mendukung teori masing-masing. Peristiwa tersebut berlangsung selama kurun waktu tertentu, sampai suatu paradigma tunggal diterima oleh semua aliran yang dianut ilmuwan tersebut. Dan ketika paradigma tunggal diterima, maka jalan menuju *normal science* mulai ditemukan.

2. Paradigma Normal Science

Pada tahap ini, aktivitas yang mengawali pembentukan suatu ilmu menjadi tersusun dan terarah, yang dianut oleh masyarakat ilmiah, dimana suatu paradigma terdiri dari asumsi-asumsi teoritis yang umum, dari hukum-hukum serta teknik-teknik, yang penerapannya dapat diterima oleh para anggota komunitas ilmiah. Pada tahap kedua ini, tidak terdapat sengketa pendapat mengenai hal-hal yang fundamental diantara

para ilmuwan. Paradigma tunggal dapat diterima oleh semua ilmuwan dan selanjutnya dilindungi dari kritik dan falsifikasi, sehingga dapat bertahan dari berbagai kritik dan falsifikasi.

3. Anomali-Krisis

Dalam wilayah *normal science*, seringkali ada permasalahan yang tidak terselesaikan dan banyak diantaranya amat penting menurut asumsi ilmuwan, yang pada akhirnya akan muncul keganjilan, ketidaksepakatan dan penyimpangan dari hal-hal yang biasa. Situasi ini disampaikan oleh Kuhn sebagai anomali. Jika anomali semakin banyak, hingga suatu komunitas ilmiah mengumpulkan data-data yang tidak sejalan dengan pandangan paradigma *normal science* yang tengah berlaku, serta mulai mempersoalkan kesempurnaan paradigma yang tengah berlaku tersebut, maka semenjak itu ilmu tersebut masuk dalam masa krisis. Biasanya krisis ini timbul setelah mengalami sains normal dalam waktu yang lama, dan hal ini merupakan suatu fase yang harus dilewati untuk menuju kemajuan ilmiah. Karena adanya krisis, suatu komunitas ilmiah akan berusaha menyelesaikan krisis tersebut, hal inilah yang disebut proses sains luar biasa. Pada proses sains luar biasa ini, komunitas ilmiah akan dihadapkan pada dua pilihan, yaitu: apakah akan kembali pada cara-cara lama atau berpindah pada sebuah paradigma baru. Jika memilih pilihan kedua, maka akan terjadi apa yang disebut Kuhn sebagai “Revolusi Sains”.

4. Revolusi Sains – Ilmu Normal – Krisis Baru

Revolusi sains merupakan episode perkembangan non-kumulatif, dimana paradigma lama diganti sebagian atau seluruhnya dengan

paradigma baru yang bertentangan atau berbeda. Oleh karena itu, menurut Kuhn perkembangan ilmu itu tidak terjadi secara kumulatif atau evolusioner, tetapi terjadi secara revolusioner, yakni membuang paradigma lama dan mengambil paradigma baru yang berlawanan atau berbeda. Paradigma baru tersebut dianggap dan diyakini lebih dapat memecahkan masalah untuk masa depan. Melalui revolusi sains inilah, menurut Kuhn revolusi akan terjadi, apabila paradigma baru dapat diterima dan dapat bertahan dalam kurun waktu tertentu, maka ilmu tersebut akan menjadi ilmu normal yang baru, dan kemungkinan akan ditemukan anomali-anomali, terjadi krisis baru dan begitu seterusnya. Menurutnya, tidak ada paradigma yang sempurna dan terbebas dari kelainan-kelainan, sehingga konsekuensinya ilmu harus mengandung suatu cara untuk mendobrak ke luar dari satu paradigma ke paradigma lain yang lebih baik, inilah yang kemudian menjadi fungsi revolusi.

Lahirnya disiplin ilmu komputasi layanan (*Services Computing*) merupakan perkembangan sains dalam bidang komputasi, yang sebelumnya hanya melihat komputasi dengan paradigma terstruktur dan paradigma berbasis/berorientasi obyek, bertambah dengan paradigma berbasis/berorientasi layanan. Sehingga disiplin keilmuan komputasi layanan lahir disebabkan lahirnya paradigma sains baru dalam memandang komputasi dengan paradigma berorientasi layanan. Oleh sebab itu lahirnya keilmuan komputasi layanan karena kehadiran paradigma baru dalam memandang komputasi yang berbasis layanan ini dapat dianalisis menggunakan siklus perkembangan sains seperti yang diuraikan oleh Thomas Kuhn. Pada tahun 2003, komputasi layanan berawal dari kajian konsep *Services Oriented Architecture* (SOA) sebagai

tonggak awal munculnya paradigma *service oriented computing* (SOC). Awal penelitian SOC ini ditandai dengan dua publikasi pada tahun 2007 di Association for Computing Machinery (ACM) yang berjudul *Service-Oriented Computing* dan di Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) yang berjudul *Web Services Computing*. Paradigma SOC inilah yang dijadikan sebagai cara pandang komputasi berorientasi layanan. Terminologi komputasi layanan (*service computing*) muncul untuk pertama kalinya pada tahun 2007. Kajian SOA dan SOC berkembang dan pada akhirnya berkolaborasi menjadi pengetahuan baru sebagai keilmuan komputasi layanan (*service computing*). Selanjutnya paradigma sains pada keilmuan komputasi layanan menjadi sebuah paradigma (baru) yang diterima oleh semua ilmuwan dengan ditandai adanya suatu wadah penelitian di keilmuan komputasi layanan dalam bentuk *international congress* maupun *international workshop* pada tahun 2008. Pada tahun itu juga telah disusun *Body of Knowledge of Service Computing* (BoKoSC). Hasil kongres inilah yang menjadi cikal bakal pembentukan *Service Computing Society* di dalam IEEE. Selanjutnya, IEEE menerbitkan jurnal *Transaction on Service Computing* (TSC) pada tahun 2008 sebagai wadah publikasi-publikasi penelitian komputasi layanan. Pada volume 1 jurnal TSC inilah muncul BoKoSC sebagai panduan untuk mendapatkan *landscape view* dari keilmuan komputasi layanan. Pada tahun 2008 juga muncul publikasi jurnal *Service Oriented Computing and Application*. Selanjutnya, pada tahun 2011, IEEE menerbitkan *International Conference on Service Computing* sebagai wadah penelitian-penelitian komputasi layanan di level konferensi internasional. Konferensi dan jurnal internasional tersebut secara khusus menaungi pengetahuan

pengetahuan dan kajian penelitian di bidang komputasi layanan. Pada tahun 2017, *Communication of the ACM* menerbitkan sebuah makalah jurnal khusus komputasi layanan yang menguraikan empat tantangan dan *research roadmap* di dalam komputasi layanan, yaitu *service design*, *service composition*, *crowdsourcing-based reputation*, dan *Internet of Things*. Selanjutnya, paradigma tersebut terus berkembang dan berevolusi sampai menjadi sebuah pengetahuan ilmu normal yang baru. Berdasarkan paradigma sains yang disampaikan oleh Thomas Kuhn di atas, dapat dikatakan posisi perkembangan keilmuan komputasi layanan saat ini berada dalam tahapan Revolusi Sains.

III. KONTRIBUSI KOMPUTASI LAYANAN TERHADAP KEBERHASILAN TRANSFORMASI DIGITAL SEKTOR INDUSTRI JASA DAN SEKTOR PELAYANAN PUBLIK

Selama tiga dekade terakhir, sektor industri jasa telah menjadi bagian terbesar dari sektor perekonomian (Spohrer dkk., 2007). Pada tahun 2011, sektor industri jasa memberikan kontribusi sebesar 70% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) di negara-negara OECD (Stoshikj dkk., 2016). Menurut data Worldbank, persentase sektor jasa (*services*) secara global selama 2 dekade terakhir menunjukkan *trend* peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan sektor pertanian (*agriculture*) ataupun industri (*manufacture*) yang justru semakin menurun³. Pada tahun 2016, sektor jasa secara global memberikan sumbangan sekitar 64,94% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dunia, sedangkan sektor industri, dan pertanian

3 Qiu, R.G., (2014). *Service Science. The Foundation of Service Engineering and Management*. John Wiley & Sons, Inc. USA, hal. 17-20.

masing-masing hanya menyumbang sebesar 25,39% dan 3,55%. Lebih detail, sektor jasa menyumbang lebih dari 70% dari PDB negara-negara maju seperti Amerika Serikat (76,7%), Inggris (70,6%), Belanda (70,3%), dan Perancis (70,2%)⁴. Sementara itu di beberapa negara di Asia, sektor jasa memberikan sumbangan sekitar lebih dari 40% dari pertumbuhan ekonomi (PDB), namun masih berada di bawah persentase PDB di negara maju, diantaranya di negara Jepang (68,8%), Singapura (70,4%), Korea Selatan (52,8%), Philipina (59,9%), Malaysia (51%), Thailand (56,3%), India (48,5%), Cina (51,6%), dan Indonesia (43,6%)⁵. Menurut Statistik Tenaga Kerja di Amerika Serikat, banyak sektor perekonomian industri yang merupakan sektor jasa/layanan, seperti sektor keuangan, komunikasi, perdagangan, pendidikan, asuransi, transportasi, perumahan (real estate), kesehatan, logistik, dan sektor fasilitas umum lainnya. Persentase tenaga kerja yang bekerja di sektor jasa ini, mengalami peningkatan dari 82,1% di tahun 2006 menjadi 86,7% pada tahun 2012. Menurut data Worldbank⁶, lonjakan tenaga kerja mulai terjadi pada tahun 1993 (18.899,36 ribu) ke tahun 1994 (22.622,395 ribu), yaitu sebesar 19,7%. Kemudian lonjakan kembali terjadi pada tahun 1996 (23.369,3) ke tahun 1997 (30.318,074) yaitu sebesar 29,73%. Setelah itu, persentase tenaga kerja di sektor jasa cenderung meningkat dari tahun ke tahun sampai pada tahun 2016, meskipun pada tahun 2008 dan 2009 mengalami penurunan yang kecil namun kembali naik pada tahun 2010⁷.

4 <https://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TOTL.ZS>. Diakses online pada tanggal 14 Juni 2019

5 Ibid

6 Ibid

7 Ibid

Saat ini, inisiatif pengembangan layanan/jasa (*service*) telah menjadi lebih populer, dimana layanan tersebut tidak serta-merta dikembangkan bagi perusahaan sektor jasa/layanan, tetapi bagi perusahaan industri dan manufaktur yang tidak hanya menghasilkan produk barang, tetapi juga memperkenalkan layanan baru agar dapat bertahan di lingkungan kompetitif yang semakin dinamis. Perkembangan ini disebut sebagai *servitization*, yaitu, pergeseran dari orientasi produk barang ke orientasi layanan, sebagai langkah untuk meningkatkan nilai asli produk tersebut melalui penyediaan layanan tambahan untuk produk tersebut. Hal inilah yang memicu munculnya era ekonomi jasa/layanan. Pada era ekonomi jasa, konsep *servitization* dapat dianggap sebagai pergeseran dari hanya menjual produk ke menjual kombinasi dari produk dan layanan yang meningkatkan nilai kegunaannya. Selain pada sektor manufaktur, konsep *servitization* ini juga menjadi trend di industri jasa yang telah mencakup berbagai sektor layanan, diantaranya sektor transportasi, telekomunikasi, jasa keuangan, layanan teknologi informasi (TI), logistik, kesehatan, dan manajemen sumber daya manusia (SDM). Oleh karena itu, pengembangan layanan baru menjadi pertimbangan penting bagi banyak perusahaan/organisasi, khususnya yang bergerak disektor jasa untuk menghadapi kompetisi bisnis.

Sementara itu sektor pelayanan publik, tidak berbeda dengan sektor industri jasa, sedang mengalami transformasi digital. Transformasi digital sektor pelayanan publik mengadopsi (menerapkan) teknologi informasi (TI), khususnya teknologi komputasi layanan, untuk membangun sistem layanan publik yang dimiliki oleh Pemerintah. Inovasi layanan publik

menghasilkan sistem layanan publik terintegrasi yang dapat dengan mudah diakses oleh pengguna (masyarakat) secara cepat dan aman. Melalui inovasi sistem layanan publik yang handal, maka kepuasan masyarakat untuk mengakses layanan publik pemerintah dapat ditingkatkan. Melalui sistem berbasis TI, inovasi komputasi layanan dapat dilakukan oleh Pemerintah untuk meningkatkan produktifitas dan kualitas layanan publik serta untuk merealisasikan layanan publik yang memenuhi kebutuhan masyarakat.

A. Penelitian dan Inovasi Komputasi Layanan

Komputasi awan (*cloud computing*) merupakan hasil penelitian dan inovasi komputasi layanan yang memberikan dampak yang sangat besar terhadap perkembangan sektor industri jasa dan pelayanan publik yang sedang mengalami transformasi digital. Saat ini, penelitian-penelitian dan inovasi-inovasi berbasis teknologi komputasi layanan telah banyak dilakukan di sektor industri jasa maupun sektor pelayanan publik. Pada sektor pertama, telah banyak bermunculan penelitian dan inovasi yang mampu meningkatkan keberhasilan transformasi digital sektor industri jasa menjadi sektor industri jasa digital yang tumbuh sangat cepat. Dalam sektor ini, penelitian dan inovasi komputasi layanan paling banyak adalah riset dan inovasi di area *cloud computing*, jasa keuangan dan pembayaran digital, serta *e-commerce* (Digital Market Overview: Indonesia, 2018)⁸. Industri jasa digital *cloud computing* dibutuhkan hampir seluruh sektor

⁸ Digital Market Overview: Indonesia. (2018, May 25). Digital Market Overview: Indonesia. Retrieved from Frost & Sullivan: https://ww2.frost.com/files/3115/2878/4354/Digital_Market_Overview_FCO_Indonesia_25May18.pdf

seperti manufaktur, perbankan, telekomunikasi, perdagangan. Jasa keuangan dan pembayaran digital memberikan dukungan pada ekonomi Indonesia berupa ketersediaan dana dan kemudahan transaksi. *E-commerce* meliputi pembayaran, *online marketing*, *online transaction*, *online customer handling*, dan lainnya. *E-commerce* sebagai salah satu industri jasa digital menjadi salah satu jenis industri dengan pertumbuhan yang sangat pesat di Indonesia. *E-commerce* juga memberikan dampak pada kebutuhan spesifikasi baru tenaga kerja dan kebutuhan pendukung jasa pengiriman yang handal.

Inovasi komputasi layanan berikutnya adalah IoT (*Internet of Things*). IoT memfasilitasi keterhubungan segala hal ke dalam jaringan Internet yang telah ada sebelumnya, Jaringan Internet yang menggunakan protokol TCP/IP merupakan teknologi yang telah mengubah peradaban dunia. Jika Internet dapat menghubungkan segala hal yang berbasis komputer, maka IoT dapat menghubungkan segala hal ke dalam jaringan Internet TCP/IP. Penerapan solusi IoT (*Internet of Things*) merupakan salah satu inisiatif teknologi yang memberikan kontribusi besar terhadap perkembangan industri yang sering disebut dengan era Industri 4.0. Perkembangan ini terjadi baik di industri manufaktur maupun industri jasa. Kerangka kerja industri 4.0 ini juga menjadi pilar utama pada perkembangan industri layanan digital. Dibutuhkan ekosistem layanan digital yang melibatkan perusahaan-perusahaan industri penyedia layanan digital dalam memanfaatkan dan menggunakan IoT untuk menghadirkan inovasi layanan digital kepada para pengguna layanan didalam lingkungan sistem layanan yang terintegrasi. Sejalan dengan

kebutuhan pemanfaatan dan segmentasi pasar IoT di dunia, Indonesia juga mempunyai peluang dan segmentasi pasar yang besar terhadap adopsi solusi inisiatif IoT tersebut. Dengan adanya dukungan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi, Pengembangan IoT dapat diwujudkan melalui Pemerintah bekerjasama dengan penyedia layanan (pihak swasta), serta lingkungan pengembangan aplikasi-aplikasi berbasis IoT yang kondusif akan menjadi faktor pemercepat (*booster*) pada meningkatkan pertumbuhan industri layanan digital yang lebih baik di Indonesia.

Web service merupakan inovasi teknologi komputasi layanan untuk implementasi konsep SOA dan *microservice*. Pada komputasi layanan, *web services* merupakan teknologi utama yang digunakan pada komputasi layanan untuk mengimplementasikan SOA dan merealisasikan layanan TI (Zhang dkk., 2007; Zhang dan Chang, 2008; Wu dkk., 2015). Penelitian mengenai *web service* telah dilakukan oleh Leymann dkk. (2002), Gottschalk dkk. (2002) dan Kreger (2003), sedangkan penelitian mengenai komponen-komponen web services seperti XML, Simple Object Access Protocol (SOAP), Web Services Description Language (WSDL) dan Generic Description, Discovery and Integration (UDDI) dilakukan oleh Ferris dan Farrell (2003) serta Tsalgatiidou dan Pilioura (2002).

Penelitian dan inovasi komputasi layanan (*service computing*) dalam arah interdisiplin fokus menjawab 4 (empat) tantangan, yaitu *service design*, *service composition*, *crowdsourcing-based reputation*, dan *Internet of Things* (IoT)(Bouguettaya dkk., 2017). Tantangan pertama adalah desain layanan (*service design*) dalam membangun sistem layanan (*service system*)

(Bouguettaya dkk., 2017; Boumahdi dkk., 2016; Gu dan Lago, 2009; Kim dkk., 2010; Papazoglou dkk., 2008; Mandal dan Sarkar, 2016; Wang dkk., 2014). Tantangan desain layanan dalam membangun dan mengembangkan sistem layanan yang mengintegrasikan aplikasi-aplikasi ini masih merupakan masalah utama dalam obyek penelitian komputasi layanan (Bouguettaya dkk., 2017; Boumahdi dkk., 2016). Saat ini, desain layanan masih belum didasari oleh landasan (fondasi) yang kuat mengenai metodologi formal dalam membangun dan mengembangkan sistem berorientasi layanan (Bouguettaya dkk., 2017; Eisele dkk., 2017; Haile dan Altmann, 2017; Mandal dan Sarkar, 2016). Tantangan kedua menguraikan tentang komposisi layanan (*service composition*) dalam konteks sistem layanan berbasis web dan awan (*cloud service system*), *big data*, dan jejaring sosial (*social networks*) (Bouguettaya dkk., 2017; Deng dkk., 2016; Ye dkk., 2016). Selanjutnya, tantangan ketiga adalah *crowdsourcing* yang mencakup mekanisme utama dalam perhitungan reputasi sistem layanan melalui pengumpulan data penginderaan dari perangkat penginderaan luas, seperti mobile (Bouguettaya dkk., 2017; Nepal dkk., 2015; Liu dkk., 2015; Tan dkk., 2014). Tantangan terakhir adalah di area *Internet of Things* (IoT) yang membahas bagaimana komputasi layanan dapat membantu dalam mewujudkan sistem layanan cerdas berbasis IoT (Bouguettaya dkk., 2017; Raggett, 2015; Tao dkk., 2014). Tantangan ini menjadi semakin besar, karena fakta-fakta saat ini menunjukkan bahwa kompleksitas sistem komputasi layanan yang dibutuhkan oleh organisasi-organisasi penyedia dan/atau pengguna layanan semakin tinggi dan dinamis (Chen dkk., 2017; Huang dkk., 2014; Kurniawan dkk., 2019).

B. Kontribusi Komputasi Layanan Terhadap Proses Transformasi Digital Sektor Industri Jasa

Saat ini, transformasi digital menjadi bagian terpenting dari kehidupan manusia dan dibutuhkan di hampir setiap bisnis dan industri yang sedang dalam proses mengejar pertumbuhan, ekspansi, kualitas dan keberlanjutan. Transformasi digital sebagai proses digitalisasi menyentuh hampir semua aspek masyarakat dan transaksi bisnis pada berbagai area seperti pendidikan, pemasaran, otomotif, pelayanan umum, dan perusahaan enterprise (Shinde dkk., 2014). Untuk lebih memvisualisasikan esensi transformasi digital, fitur-fitur inti dan kemampuan untuk membawa alur kerja organisasi ke tingkat yang baru dan level yang lebih tinggi, perlu dipahami terlebih dahulu istilah transformasi digital secara baik dan benar oleh organisasi sebelum menerapkannya (Gebayew dkk., 2018). Pada sektor industri jasa, transformasi digital merupakan perkembangan baru dalam penggunaan artefak digital, sistem dan simbol di dalam dan di sekitar organisasi industri jasa (Schallmo dan Williams, 2018). Transformasi digital tidak secara spesifik tentang teknologi informasi atau penggunaan teknologi di dalam industri jasa. Transformasi digital adalah tentang mendefinisikan ulang seluruh strategi bisnis organisasi, bahkan mungkin mengubah budaya industri jasa untuk berhasil dalam digitalisasi. Transformasi digital juga tidak hanya menerapkan teknologi untuk bisnis tetapi sebenarnya tentang menciptakan model bisnis setelah penerapan teknologi tersebut. Transformasi digital terus dipercepat karena dua alasan utama yaitu teknologi berkembang pada tingkat eksponensial dan peningkatan ketersediaan dan penggunaan data. Dengan demikian, transformasi

digital mengubah strategi organisasi, proses bisnis, kemampuan pemasaran, dan bahkan peran dan keterampilan organisasi di dalam menghadirkan sistem layanan.

Sektor industri jasa sedang bertransformasi digital menuju industri jasa digital. Transformasi digital sektor industri jasa ini terjadi baik karena sifat alami dari produknya yang bertransformasi ke dalam wujud digital maupun karena digerakkan oleh *servitization* seperti yang sudah dijelaskan di depan. Transformasi digital sektor industri jasa yang disebabkan oleh sifat alami produknya yang berubah (dapat diubah) ke dalam wujud digital terjadi misalnya pada produk-produk publisher (buku, jurnal, laporan, dsb.), jasa keuangan dan pembayaran, serta jasa pembelajaran. Sedangkan transformasi digital sektor industri jasa yang disebabkan oleh *servitization* terjadi pada industri jasa transportasi, kesehatan, *hospitality* (hotel, restoran/kuliner, hiburan, wisata) dimana produk-produknya tidak berubah ke dalam bentuk digital, tetapi model bisnis, proses transaksi dan pembayaran dapat diubah ke dalam proses digital.

Transformasi digital sektor industri jasa membutuhkan *software service* dan *service systems* yang merupakan obyek keilmuan komputasi layanan. Transformasi digital sektor industri jasa di Indonesia telah terjadi sejalan dengan pertumbuhan bisnis *e-commerce* dan pertumbuhan bisnis-bisnis online lainnya yang dapat diakses dari wilayah Indonesia. Artinya pelaku bisnis *e-commerce* dan bisnis-bisnis online yang dimaksud adalah pengusaha dan pemodal dari Indonesia maupun pengusaha dan pemodal dari luar Indonesia. Faktor-faktor penting yang menentukan keberhasilan

e-commerce dan bisnis-bisnis online tersebut antara lain adalah model bisnis yang sesuai, permodalan, dan aplikasi-aplikasi untuk membangun sistem layanan, serta layanan perangkat lunak untuk mewujudkan model bisnis tersebut. Jadi aplikasi-aplikasi untuk membangun sistem layanan dan layanan perangkat lunak menjadi dua (dua) faktor penting keberhasilan perusahaan di sektor industri jasa digital.

Komputasi layanan memberikan kontribusi baik secara mikro maupun makro terhadap persoalan pengembangan sektor industri jasa digital. Komputasi layanan dalam skala mikro menyediakan sains dan teknologi komputasi layanan untuk menjawab persoalan pengembangan keunggulan kompetitif bagi perusahaan-perusahaan yang bergerak di sektor industri jasa digital agar unggul menjadi perusahaan-perusahaan di sektor industri jasa digital menggunakan pendekatan transformasi digital. Sedangkan komputasi layanan secara makro dapat menyediakan platform bagi sektor atau sub-sektor industri jasa digital untuk mempercepat proses transformasi digital sektor industri jasa agar mampu bersaing secara global.

C. Kontribusi Komputasi Layanan Terhadap Kinerja Layanan Publik Pemerintahan di Sektor Pelayanan Publik

Pelayanan publik adalah segala kegiatan pelayanan yang dilakukan oleh penyelenggara pelayanan publik sebagai upaya pemenuhan kebutuhan penerima pelayanan maupun pelaksanaan ketentuan peraturan perundang undangan. Secara tegas Undang-Undang RI Nomor 25 Tahun 2009 Tentang Pelayanan Publik mengartikan pelayanan publik

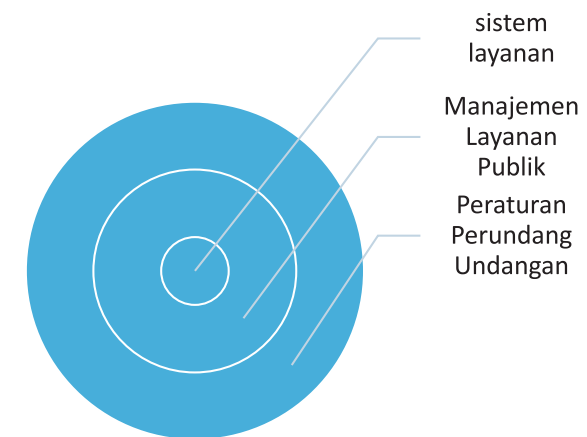
sebagai kegiatan atau rangkaian kegiatan dalam rangka pemenuhan kebutuhan pelayanan sesuai dengan peraturan perundang-undangan bagi setiap warga negara dan penduduk atas barang, jasa dan/ atau pelayanan administratif yang disediakan penyelenggara pelayanan publik. Sektor pelayanan publik mencakup seluruh pelayanan publik yang ada di Indonesia.

Sektor pelayanan publik dibedakan dengan sektor industri jasa berdasarkan peraturan perundang-undangan yang mengatur kedua sektor tersebut. Sektor pelayanan publik keberadaannya ditentukan oleh peraturan perundang-undangan, sehingga produk layanan sektor publik menjadi hak bagi warga negara sebagai penerima layanan dan kewajiban penyedia layanan yang telah ditetapkan sebagai penyedia layanan publik. Sedangkan produk jasa sektor industri jasa bukan merupakan kewajiban bagi perusahaan penyedia produk jasa untuk memproduksinya dan juga tidak selalu menjadi hak bagi warga negara untuk memperoleh produk jasa sektor industri jasa tersebut.

Sektor pelayanan publik juga mengalami transformasi digital menuju pelayanan publik yang dapat dinikmati secara lebih mudah disetiap saat (*everytime*) dan dari setiap tempat (*everywhere*) melalui pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Transformasi digital sektor pelayanan publik ini telah menghasilkan berbagai konsep, teknologi, dan solusi dengan berbagai nama antara lain : *e-Government, smart city, smart health, smart transportation, smart learning, smart campus*, dll. Beberapa contoh peraturan perundang- undangan yang mengatur hal-hal tersebut di atas antara lain : Instruksi Presiden RI Nomor 3 Tahun 2003 Tentang

Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-Government*, Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2012 Tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik, dan Peraturan Presiden RI Nomor 95 Tahun 2018 Tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE).

Pengembangan dan implementasi sistem layanan pada sektor pelayanan publik dimulai dengan pembuatan peraturan perundang-undangan, perencanaan kelembagaan pelaksana pelayanan publik, lalu diikuti dengan pengembangan sistem layanan yang memanfaatkan TIK. Gambar III.1 berikut menggambarkan model pengembangan pelayanan publik.



Gambar III. 1 Model pengembangan pelayanan publik

Pengembangan sistem layanan dan layanan perangkat lunak untuk pelayanan publik dimulai dengan pembuatan peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang pelayanan publik. Peraturan

perundang-undangan tersebut antara lain : Undang Undang RI Nomor 25 Tahun 2009 tentang Pelayanan Publik, Peraturan Pemerintah RI Nomor 96 Tahun 2012 tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2009 tentang Pelayanan Publik, Peraturan Menteri Pendayaaan Gunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi RI Nomor 17 Tahun 2017 tentang Pedoman Penilaian Kinerja Unit Penyelenggara Pelayanan Publik. Sistem manajemen layanan publik dilaksanakan (ada di dalam) lembaga penyelenggara pelayanan publik (lembaga eksekutif) beserta aparatur layanan publik. Lembaga penyelenggara pelayanan publik ini mencakup (mulai dari) tingkat pusat (lembaga kepresidenan dan instansi pemerintah pusat), kepala daerah, dinas daerah, kecamatan, sampai pada kelurahan dan pemerintahan desa. Oleh sebab itu proses transformasi digital sektor pelayanan publik merupakan proses yang rumit dan kompleks karena mencakup lembaga penyelenggara pelayanan publik dari tingkat pusat sampai kelurahan/desa.

Komputasi layanan berkontribusi memberikan solusi sistem layanan dan layanan perangkat lunak sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang mengatur layanan publik dan sistem manajemen yang berlaku. Peraturan perundang-undangan yang mengatur layanan publik, lembaga penyelenggara pelayanan publik yang telah ditentukan, aparatur penyelenggara pelayanan publik yang telah ditentukan menjadi *requirements* sekaligus konstrain dalam pengembangan sistem layanan dan layanan perangkat lunak yang sesuai dengan pelayanan publik tersebut.

D. Beberapa Hasil Riset dan Inovasi Yang Telah Dihasilkan di Service Computing Labs KKTI – STEI - ITB

Penelitian di *Service Computing Labs*, Kelompok Keilmuan Teknologi Informasi (KKTI), Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI), ITB dalam 3 tahun terakhir difokuskan pada pengembangan metodologi desain/rekayasa platform sistem komputasi layanan. Penelitian ini telah menghasilkan model referensi platform komputasi layanan, framework rekayasa sistem komputasi layanan yang dapat diadopsi untuk rekayasa platform sistem komputasi layanan, metode pengukuran proses rekayasa platform sistem komputasi layanan, metode pengukuran kinerja platform sistem komputasi layanan hasil rekayasa, dan studi kasus pengembangan platform sistem komputasi layanan untuk smart campus. Hasil-hasil penelitian tersebut dilaporkan pada bagian berikut.

1. Model Referensi Platform Sistem Komputasi Layanan

Definisi model referensi (*reference model*) menurut *Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)* adalah “*an abstract framework for understanding significant relationships among entities of some environment, and for the development of consistent standards or specifications supporting the environment*”. Model referensi didefinisikan sebagai kerangka kerja abstrak untuk memahami hubungan yang signifikan antara entitas dari beberapa lingkungan (*environment*) dan untuk pengembangan standar atau spesifikasi yang konsisten yang mendukung lingkungan tersebut⁹. Model referensi ini digambarkan sebagai model

⁹ OASIS SOA Reference Model (SOA-RM), <https://www.oasis-open.org/committees/soa-rm/faq.php>, diakses pada tanggal 17 November 2017

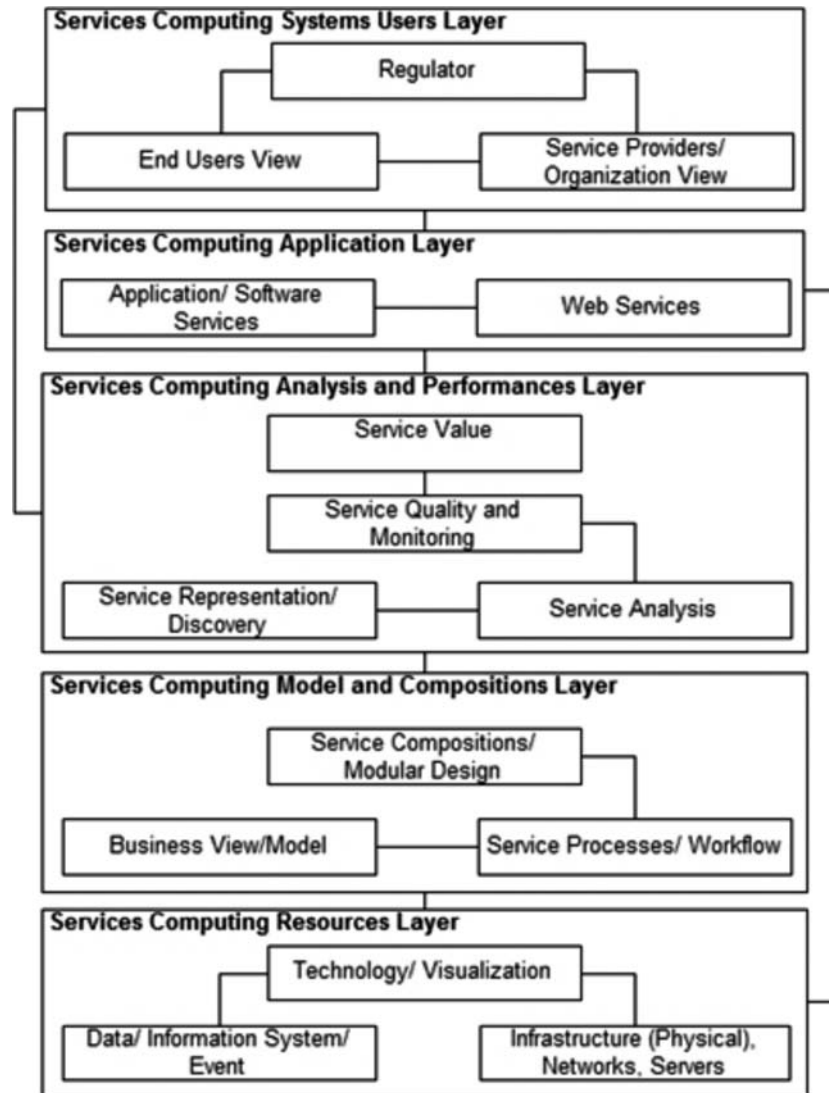
abstrak yang membantu pemahaman hubungan antara entitas/komponen dalam lingkungan tertentu (Wu dkk., 2015). Lingkungan tertentu yang dimaksud adalah lingkungan pengembangan sistem, dalam konteks ini sistem layanan. Model referensi memberikan standar dan penjelasan mengenai kegiatan spesifik pengembangan sistem yang dikaji berdasarkan konsep, teorema, dan hubungan antar entitas (Fatahi dan Houshmand, 2013; Wu dkk., 2015). Model referensi direpresentasikan dalam bentuk struktur berlapis (*layer*) (Fatahi dan Houshmand, 2013; Kiran dkk., 2011; Wang dkk., 2008; Yu dkk., 2008). Model referensi ini merepresentasikan bagian komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membangun sistem, mulai dari komponen fungsi bisnis sampai ke komponen sistem layanan dan layanan perangkat lunak (*software service*) sebagai satu kesatuan. Dalam konteks pengembangan sistem layanan, model referensi mendefinisikan kegiatan yang diperlukan untuk mengembangkan layanan-layanan yang bersangkutan, menentukan hubungan timbal balik antara layanan dan menentukan urutan proses pengembangan layanan-layanan tersebut.

Model referensi platform sistem komputasi layanan didefinisikan sebagai model kerangka kerja yang menunjukkan interaksi dan hubungan antara komponen-komponen yang diperlukan untuk membangun platform sistem komputasi layanan (Kurniawan dkk., 2019). Model referensi menggunakan pendekatan model berlapis (*layering model*) untuk menggambarkan hubungan struktural dan komposisi antara lapisan. Model referensi terdiri dari beberapa lapisan (*layers*) yang menunjukkan lingkungan aktivitas pengembangan sistem dan menentukan

keterkaitannya serta urutan kinerjanya. Setiap lapisan memiliki fungsi berbeda yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan dan meningkatkan aktivitas kegiatan pengembangan sistem layanan. Fungsi di setiap lapisan dihasilkan oleh implementasi beberapa komponen yang saling terhubung. Komponen diwakili dalam bentuk entitas yang diperlukan untuk membangun platform sistem komputasi layanan. Setiap komponen memberikan dukungan internal ke komponen lain di dalam layer yang sama, dan dukungan eksternal ke antar layer.

Gambar III.2 menunjukkan model referensi platform sistem komputasi layanan yang dihasilkan dengan menggunakan teknik meta analisis. Setiap *layer* memiliki komponen, fungsi dan area yang berbeda-beda. Model referensi platform sistem komputasi layanan yang telah dihasilkan memiliki lima lapisan (*layer*), yaitu: 1. *Services Computing Resources Layer*, 2. *Services Computing Model and Compositions Layer*, 3. *Services Computing Analysis and Performance Layer*, 4. *Services Computing Application Layer*, dan 5. *Services Computing Systems Users Layer*.

Layer pertama (*layer* paling bawah), *Services Computing Resources Layer* menyediakan sumber daya komputasi berorientasi layanan untuk menjalankan semua proses layanan. Ini adalah *layer* paling bawah yang digunakan untuk mengimplementasikan platform sistem komputasi layanan. *Layer* ini menyediakan standar, teknik dan metode yang dibutuhkan untuk mengubah sumber daya komputasi menjadi layanan. Pada *layer* ini, pengembangan platform sistem komputasi layanan melibatkan data/sistem informasi/*event*, infrastruktur (fisik), jaringan, server, dan teknologi. Implementasi *layer* ini memerlukan studi dan



Gambar III. 2 Model referensi platform sistem komputasi layanan (Kurniawan dkk., 2019).

pemahaman di bidang teknik/analisis kebutuhan (*requirement engineering*), inovasi layanan, protokol komputasi layanan, jaringan komputer/internet, komputasi awan (*cloud computing*), dan *Internet Things* (IoT). *Services Computing Resources* merupakan layer paling bawah yang terdiri atas tiga komponen: (i) *data/ information system/ event*, (ii) *infrastructure (physical), networks, and servers*, dan (iii) *technology/visualization*.

Layer kedua, *Services Computing Model and Compositions* mencakup proses bisnis dan model layanan, serta desain komposisi layanan. Layer ini juga mengoptimalkan penggunaan sumber daya komputasi berorientasi layanan melalui pemodelan dan komposisi layanan. Layer ini memberikan standar, teknologi dan metode untuk mengintegrasikan, mengkolaborasi dan mengoptimalkan model dan desain komputasi layanan ke dalam sistem yang terintegrasi. Pada layer ini, pengembangan platform sistem komputasi layanan melibatkan model dan konteks bisnis organisasi, proses layanan/alur kerja, dan komposisi layanan/desain modular. Implementasi layer ini memerlukan studi dan pemahaman di bidang pemodelan proses bisnis, pemodelan layanan, alur kerja komputasi layanan, komposisi layanan, optimalisasi komputasi layanan, dan sistem cerdas (*intelligent systems*). *Services Computing Models and Compositions Layer* terdiri atas tiga komponen, yaitu (i) *business view/model*, (ii) *service processes/ workflows*, dan (iii) *service compositions/ modular design*.

Layer ketiga, *Services Computing Analysis and Performance Layer* memonitor dan menjamin kinerja aplikasi komputasi layanan sesuai dengan kebutuhan (*requirements*) yang ditentukan. Layer ini menganalisa

dan mengevaluasi aplikasi yang dibangun di *layer* atas agar bekerja optimal dan terukur melalui mekanisme standar, teknik dan metode yang mapan. Pada *layer* ini, pengembangan sistem komputasi layanan melibatkan representasi layanan, analisis layanan, kualitas layanan dan pemantauan, serta penciptaan nilai layanan. Implementasi *layer* ini memerlukan studi dan pemahaman di bidang kepercayaan (*trust*) dan reputasi (*reputation*) komputasi layanan, kualitas layanan, kehandalan layanan, keamanan layanan, penemuan layanan, dan rekomendasi layanan. Ada empat komponen di dalam *layer* ini: (i) *service representation/discovery*, (ii) *service analysis*, (iii) *service quality and monitoring*, dan (iv) *service value creation*.

Services Computing Application Layer merupakan *layer* keempat, yang menyediakan aplikasi komputasi layanan terpadu untuk memenuhi kebutuhan bisnis dan kebutuhan pengguna. *Layer* ini berinteraksi langsung dengan pengguna layanan melalui sistem aplikasi yang mendukung layanan bisnis organisasi. Dalam *layer* ini, pengembangan platform sistem komputasi layanan memerlukan studi dan pemahaman di bidang rekayasa dan/atau desain sistem komputasi layanan, SOA, layanan web (*web services*), *micro services*, dan *cloud services*. Hanya ada dua komponen saja di dalam *layer* ini, yaitu (i) *application/software services* dan (ii) *web services/API*. Pada prinsipnya kedua komponen tersebut merepresentasikan fungsi dan peranan yang sama. Komponen-komponen tersebut mewakili obyek sistem komputasi layanan dan merealisasikan layanan TI (layanan aplikasi) kepada pengguna layanan. Secara rinci, layanan aplikasi (*application services*) adalah penyediaan

perangkat lunak sebagai layanan (*software as a services*) melalui Internet atau lingkungan terdistribusi, sementara layanan web (*web services*) menjelaskan cara standar untuk mengintegrasikan aplikasi berbasis web melalui jaringan dengan menggunakan protokol standar.

Layer kelima, *Services Computing Systems Users Layer* merepresentasikan sudut pandang pengguna layanan dalam menggunakan atau memanfaatkan aplikasi komputasi layanan yang disediakan oleh *layer* aplikasi dibawahnya. *Layer* ini berinteraksi dengan layanan aplikasi sebuah organisasi dan sekaligus memberikan dampak (*feedback*) terhadap kinerja sistem komputasi layanan. Pada *layer* ini, pengembangan platform sistem komputasi layanan memerlukan studi di bidang kualitas layanan, keterlibatan pengguna, tata kelola layanan dan manajemen, dan peningkatan layanan. *Services Computing System Users Layer* merupakan *layer* paling atas yang terdiri dari tiga komponen: (i) *end users view*, (ii) *service providers/organization view*, and (iii) *regulators*. Ini merupakan *layer* dari sudut pandang pengguna layanan. Hal ini berarti bahwa layanan tidak hanya dipengaruhi oleh persepsi pengguna tetapi juga dipengaruhi oleh *regulator* yang mempengaruhi ketersediaan layanan. Selain itu, pengguna juga berkontribusi terhadap identifikasi kebutuhan layanan organisasi dan digunakan sebagai umpan balik terhadap kinerja layanan. Selanjutnya, organisasi sebagai penyedia layanan (*service provider*) harus mematuhi peraturan dan kebijakan pemerintah (*regulator*) dalam memberikan layanan kepada pengguna.

Model referensi platform sistem komputasi layanan dapat digunakan sebagai panduan pengembangan sistem layanan dari sudut pandang

obyek atau komponen sistem yang akan dibangun. Model referensi mempunyai peranan utama dalam menggambarkan komponen-komponen (entitas-entitas) apa saja yang harus ada di dalam mengembangkan atau membangun sistem komputasi layanan. Hal ini akan meningkatkan pemahaman pengguna dalam menghadirkan karakteristik sistem layanan yang berkualitas pada sektor industri jasa digital dan sektor pelayanan publik digital.

2. Metodologi Rekayasa Platform Sistem Komputasi Layanan

Ada beberapa tantangan dalam pengembangan platform sistem komputasi layanan. Salah satu tantangan utama adalah belum tersedianya solusi platform generik yang mampu menyediakan lingkungan pengembangan sistem berorientasi layanan secara utuh dan sesuai dengan karakteristik sistem komputasi layanan (Eisele dkk., 2017). Lingkungan pengembangan sistem komputasi layanan memungkinkan pengembangan sistem secara efisien yang mampu mendukung siklus hidup (*life cycle*) pembangunan sistem berorientasi layanan secara utuh (Li et al., 2011; Suhardi dkk., 2017). Di dalam komputasi layanan, sebuah lingkungan pengembangan sistem komputasi layanan dibutuhkan untuk mewujudkan dan menyampaikan layanan-layanan aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Lingkungan pengembangan sistem komputasi layanan memegang peranan penting agar layanan-layanan aplikasi tersebut dapat dibangun secara utuh, saling berinteraksi, dan dapat berfungsi secara efektif (Bergvall-kåreborn dan Wiberg, 2013; Li dkk., 2011; Weng dkk., 2016). Tantangan berikutnya adalah kemampuan platform sistem komputasi layanan untuk melakukan optimalisasi

sumber daya TI (aplikasi, teknologi komputasi layanan, infrastruktur layanan TI, data/informasi, sistem layanan TI) untuk menyediakan aplikasi-aplikasi komputasi layanan terintegrasi dengan tingkat interoperabilitas yang tinggi (Eisele dkk., 2017; Haile dan Altmann, 2017). Integrasi antara sumber daya aplikasi (perangkat lunak) dan data/informasi dari berbagai sistem aplikasi dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sistem layanan organisasi (Guardia dkk., 2017; Pflügler dkk., 2016). Wan dkk. (2017) menyatakan bahwa metodologi pengembangan sistem berorientasi layanan saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan layanan organisasi yang sejalan dengan optimalisasi kebutuhan layanan TI yang dimilikinya. Sejalan dengan tantangan-tantangan tersebut, metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan sangat dibutuhkan untuk membangun sistem-sistem berorientasi layanan yang mampu berinteraksi satu sama lain di dalam sebuah sistem layanan terintegrasi dan dapat memperlihatkan keselarasan antara kebutuhan layanan TI dengan kebutuhan layanan bisnis organisasi (Bergvall-kåreborn dan Wiberg, 2013; Li dkk., 2011; Moon dkk., 2010; Weng dkk., 2016).

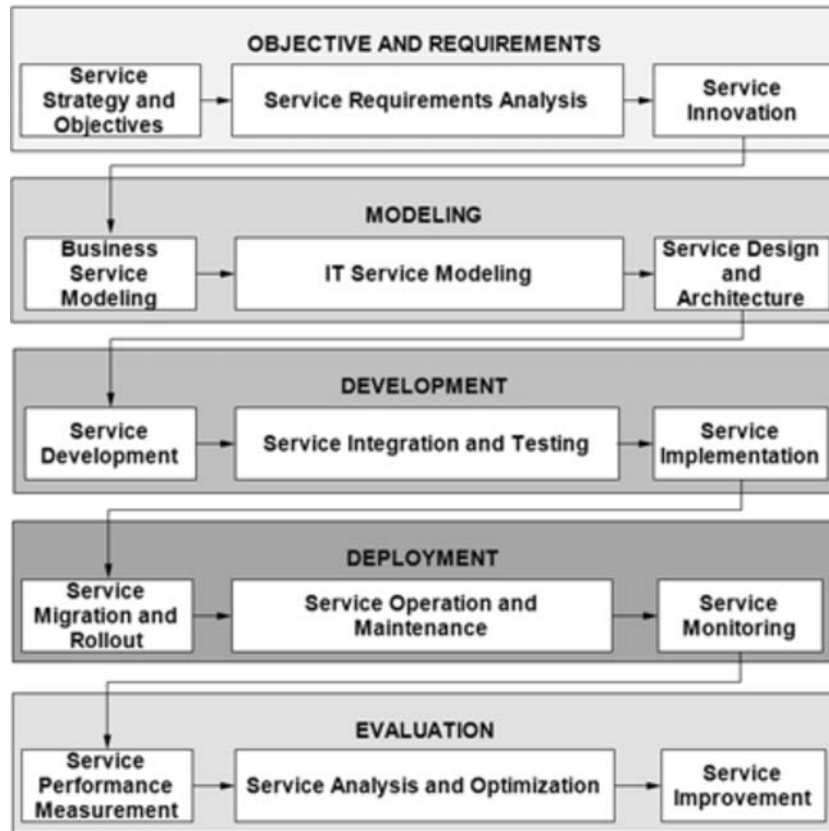
Metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan dikembangkan melalui kajian teoritis yang menguraikan dan menganalisis tahapan, langkah-langkah, metode dan teknik secara sistematis untuk melakukan pengembangan platform sistem komputasi layanan. Metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan tersebut sangat dibutuhkan untuk membangun aplikasi-aplikasi berorientasi layanan yang mampu berinteraksi satu sama lain di dalam sebuah lingkungan pengembangan sistem layanan terintegrasi. Kebutuhan metodologi rekayasa platform

sistem komputasi layanan menjadi hal penting sejalan dengan kebutuhan organisasi untuk menghadirkan sistem layanan TI yang didukung oleh teknologi komputasi layanan yang sesuai dan mampu memberikan dukungan terhadap layanan bisnis organisasi. Oleh karena itu, pengembangan metodologi rekayasa dibutuhkan untuk mendapatkan platform komputasi layanan yang sesuai dengan sistem komputasi layanan dan mampu menyediakan sistem layanan TI terintegrasi untuk memenuhi layanan bisnis atau kebutuhan pengguna layanan.

Metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan merupakan enkapsulasi dari 3 elemen utama, yaitu model referensi platform sistem komputasi layanan (*reference model*), kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan (*Service Computing System Engineering Framework/SCSEF*), dan *tools*. Metodologi ini mengkolaborasikan ketiga elemen utama tersebut dalam merekayasa sistem komputasi layanan. Ketiga elemen tersebut berkaitan erat dan membentuk fungsi komposisi. Metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan merupakan komposisi antara kerangka kerja yang disusun berdasarkan siklus hidup yang mencakup *metamodel* dan *stage* (Suhardi dkk., 2017; Suhardi dkk., 2017a). *Metamodel* ini merupakan representasi obyek sistem komputasi layanan dalam bentuk entitas sistem yang dikelompokkan menurut domain. Entitas-entitas ini selanjutnya digunakan sebagai panduan untuk menyusun tahap (*stage*) dalam membangun sistem sesuai dengan siklus hidup dari sistem komputasi layanan. Penyusunan SCSEF sebagai kerangka kerja dalam merekayasa sistem komputasi layanan tetap memperhatikan siklus hidup (*lifecycle*) sistem komputasi layanan dan

model referensi platform sistem komputasi layanan (Kurniawan dkk., 2019; Suhardi dkk., 2017a). *Lifecycle* sistem komputasi layanan memperlihatkan siklus hidup pembangunan dan pengembangan sistem yang disusun berdasarkan *metamodel* dari sistem komputasi layanan. Sementara itu, model referensi ini memperlihatkan interaksi dan hubungan antara komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membangun platform sistem komputasi layanan. Artinya, komponen-komponen apa yang harus ada di dalam platform sistem komputasi layanan harus sesuai dan berdasarkan model referensi, sedangkan tahap atau cara untuk membangun platform sistem komputasi layanan dilakukan dengan menggunakan SCSEF.

Selanjutnya hasil penelitian model referensi platform sistem komputasi layanan dan *metamodel* sistem komputasi layanan digunakan sebagai panduan untuk membangun kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan. Model referensi digunakan sebagai panduan untuk mengidentifikasi obyek dari sistem komputasi layanan yang akan dibangun, sedangkan *metamodel* sistem komputasi layanan akan digunakan sebagai panduan untuk menyusun artifak dari kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan (*Services Computing Systems Engineering Framework/SCSEF*). Kerangka kerja inilah yang digunakan sebagai panduan dan langkah-langkah untuk melakukan proses mendesain dan merekayasa sistem komputasi layanan dengan mengacu pada model referensinya. Kolaborasi inilah yang diterjemahkan di dalam penelitian yang telah menghasilkan metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan.



Gambar III.3 Kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan (SCSEF) (Kurniawan dkk., 2019a)

Gambar III.3 memperlihatkan kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan (SCSEF) yang diturunkan dari *metamodel* and *lifecycle* sistem komputasi layanan. Kerangka kerja yang disajikan di dalam hasil penelitian ini menyempurnakan dan meningkatkan kerangka kerja dari penelitian-penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini, kerangka kerja

SCSE didefinisikan sebagai bagian utama dari metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan, yang mencakup desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi sistem. Metodologi ini mencakup kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan dalam satu rangkaian siklus hidup yang memungkinkan desain dan implementasi sistem secara sistematis dan berkelanjutan. Kerangka kerja ini direpresentasikan dalam bentuk tahap (*stages*) dan fase (*phases*) atau sub-tahap (*sub-stages*). Kerangka kerja ini menggabungkan dua metodologi rekayasa berbasis layanan, yaitu *services engineering* dan *services systems engineering* (Kurniawan dkk., 2018).

SCSEF ini dibangun dari metamodel dan siklus hidup rekayasa sistem komputasi layanan. SCSEF mencakup dua jenis layanan, yaitu layanan bisnis dan layanan TI. Di bidang komputasi layanan, layanan TI adalah layanan perangkat lunak (*software services*). SCSEF terdiri dari 5 tahap (*stages*), yaitu *Stage 1: Objectives and Requirements*, *Stage 2: Modeling*, *Stage 3: Development*, *Stage 4: Deployment*, dan *Stage 5: Evaluation*. Tahap-tahap tersebut secara sistematis saling berhubungan dan memberikan panduan langkah demi langkah secara sistematis bagi *engineers* (perekayasa) untuk membangun platform sistem komputasi layanan.

Metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan sangat dibutuhkan untuk membangun sistem-sistem berorientasi layanan yang mampu berinteraksi satu sama lain di dalam sebuah sistem layanan terintegrasi dan dapat memperlihatkan keselarasan antara kebutuhan layanan TI dengan kebutuhan layanan bisnis organisasi. Metodologi ini dapat memberikan manfaat khususnya yang terkait dengan cara

membangun atau mengembangkan sistem layanan TI yang lebih baik dan sesuai dengan karakteristik dari sistem komputasi layanan yang seharusnya. Hal ini akan meningkatkan pemahaman pengguna di dalam membangun dan merekayasa sistem layanan TI yang berkualitas pada sektor industri jasa digital dan sektor pelayanan publik digital.

3. Teknik Pengukuran Kinerja Rekayasa Platform Sistem Komputasi Layanan

Salah satu rumusan permasalahan pada penelitian rekayasa layanan di bidang komputasi layanan adalah bagaimana mengembangkan metode dan teknik pengukuran yang dibutuhkan untuk mengevaluasi metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan. Bagian ini melaporkan hasil penelitian tentang metode dan teknik pengukuran yang digunakan sebagai kontrol (kendali) dari tahap kegiatan desain dan/atau rekayasa platform sistem komputasi layanan yang ditinjau dari dua hal, yaitu proses pengembangannya dan kinerja sistemnya. Hal ini dapat menjamin bahwa metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan yang dilaporkan dalam orasi ini telah dapat diimplementasikan dan digunakan untuk membangun platform sistem komputasi layanan secara benar.

Teknik pengukuran kinerja rekayasa platform sistem komputasi layanan fokus pada metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan yang telah dihasilkan pada bagian sebelumnya. Meskipun teknik pengukuran kinerja ini juga dapat diterapkan pada metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan yang baru atau yang lainnya. Evaluasi yang dilakukan fokus pada pendekatan implementasi kerangka kerja

rekayasa sistem komputasi layanan (SCSEF) setelah digunakan untuk membangun platform *smart campus* sebagai representasi dari sebuah platform sistem komputasi layanan. Metode evaluasi secara praktis digunakan untuk mengevaluasi metodologi yang diusulkan. Metode evaluasi yang dilaporkan pada bagian ini melibatkan penerapan teknik kualitatif dan kuantitatif. Teknik-teknik ini mencakup uji implementasi dan optimisasi, analisis struktural, dan eksperimen terkontrol. Pendekatan evaluasi praktis membutuhkan penerapan kerangka kerja ke lingkungan pengembangan sistem yang sebenarnya. Hal ini berarti evaluasi metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan yang dilaporkan membutuhkan perekayasa (*engineers*) yang mengembangkan sistem sebenarnya sebagai responden pada proses evaluasi kerangka kerja rekayasa platform sistem komputasi layanan. Evaluasi kerangka kerja rekayasa platform sistem komputasi layanan dilakukan dengan menggunakan dua model, yaitu model analisis (*analysis model*) dan model penerimaan (*acceptance model*).

a. Model Analisis (*Analysis Model*)¹⁰

Model analisis (*analysis model*) digunakan untuk merepresentasikan fungsi maksimasi penggunaan kerangka kerja berdasarkan tahapan (*stage based framework*) pada SCSEF. Fungsi maksimasi ini direpresentasikan dalam bentuk model matematika yang fokus pada optimasi variabel *MaxZ_i*, yaitu variabel yang digunakan untuk merepresentasikan nilai

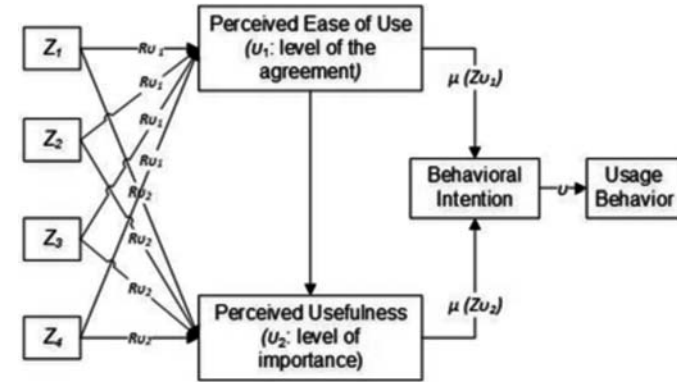
¹⁰ Hasil penelitian ini telah dituliskan dalam bentuk makalah jurnal internasional yang berjudul "Services Computing Systems Engineering Framework: A Proposition and Evaluation through An Analysis Model", Submitted to IEEE Systems Journal, 2019

maksimal dari setiap tahap (*stage*) SCSEF. Dengan demikian, model analisis tersebut mempertimbangkan nilai optimal dari setiap tahapan SCSEF yang dilalui dengan mempertimbangkan sistem layanan yang dibangun. Model analisis (SimSCSEF) diformulasikan sebagai berikut:

$$SimSCSEF = \bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M MaxZ_i, SSi_j \quad (1)$$

Dalam persamaan (1) diatas, varabel $i: [1...N]$, $j: [1...M]$, N adalah set sistem layanan $SS [i..N]$, M adalah set tahap (*stages*) dari kerangka kerja $[j..M]$, $i \in N(SS)$, $j \in N(M)$, $MaxZ_i$ adalah fungsi maksimal dari variable Z , $Z_i \in Z$. Mengingat evaluasi kerangka kerja terdiri dari banyak tahap (*multi-stage*) untuk multi-sistem, maka fungsi memaksimalkan multi-variabel dikembangkan untuk tujuan ini. Ada empat variabel yang digunakan dalam model *maximize function*, yaitu: $MaxZ_1$: memaksimalkan kejelasan penggunaan kerangka kerja secara sistematis (tahap, fase/sub tahap dan langkah); $MaxZ_2$: memaksimalkan kejelasan artefak di setiap langkah dan fase; $MaxZ_3$: memaksimalkan kemudahan untuk mendokumentasikan artefak di setiap tahap dan fase; dan $MaxZ_4$: memaksimalkan kemudahan untuk mekanisme penelusuran kembali jika kesalahan terjadi pada fase atau langkah tertentu. Selain itu, model ini juga mempertimbangkan faktor bobot yang diwakili oleh variabel waktu berdasarkan kompleksitas masing-masing sistem layanan.

11 Hasil penelitian ini telah dituliskan dalam bentuk makalah konferensi internasional yang berjudul "Evaluating Services Computing Systems Engineering Framework based on An Acceptance Model", presented in *International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems 2019*, and will be published in *International Journal on Advanced Sciences Engineering and Information Technology, 2019*.



Gambar III.4 Acceptance model (v) untuk evaluasi kerangka kerja
(Adaptasi dari Venkatesh dan Davis, 1996)

b. Model Penerimaan (Acceptance Model)¹¹

Model penerimaan (*acceptance model*) digunakan untuk mengevaluasi kerangka kerja berdasarkan pengalaman para perekayasa dalam menggunakan kerangka kerja yang diusulkan. Gambar III.4 memperlihatkan model penerimaan (*acceptance model*) evaluasi kerangka kerja yang digunakan. Model ini mengadopsi *technology acceptance model* (TAM). Empat variabel eksternal digunakan dalam model ini adalah Z_1 : tingkat kejelasan *framework* (tahap sistematis, fase dan langkah), Z_2 : tingkat kejelasan artefak di setiap tahap, Z_3 : tingkat kemudahan untuk mendokumentasikan artefak di setiap tahap, dan Z_4 : tingkat kemudahan untuk mekanisme penelusuran kembali jika terjadi kesalahan. Variabel-variabel ini akan membangun persepsi pengguna. Ada dua variabel internal yang digunakan dalam model ini yang digunakan untuk mendapatkan hasil persepsi para perekayasa platform sistem komputasi

layanan, yaitu kemudahan penggunaan yang dirasakan (*perceived ease of use* (v_1)) dan manfaat yang dirasakan (*perceived usefulness* (v_2)).

Dalam penelitian ini, v_1 direpresentasikan dalam bentuk tingkat persetujuan (*level of agreement*) sedangkan v_2 diwakili dalam bentuk tingkat kepentingan (*level of importance*). *Level of agreement* menyatakan tingkat pemahaman, kejelasan, dan kemudahan setiap tahap kerangka kerja. Variabel ini digunakan untuk mewakili jawaban/respon untuk persepsi individu perekayasa dalam memahami setiap tahap, fase dan langkah-langkah yang diusulkan dalam kerangka kerja. Di sisi lain, *level of importance* menyatakan seberapa penting peran, kontribusi, dan evaluasi setiap fase dari seluruh tahap. Variabel ini digunakan untuk mewakili persepsi individu tentang pentingnya setiap tahap, fase, dan langkah-langkah yang diusulkan dalam kerangka kerja. Formula *acceptance model* (v) untuk kedua variabel v_1 dan v_2 dituliskan sebagai berikut:

$$v_1 = \mu(Zv_1) = \mu(Z_i | Sv_1) \quad (2)$$

$$v_2 = \mu(Zv_2) = \mu(Z_i | Sv_2) \quad (3)$$

Dalam kedua persamaan diatas, variabel $\mu(Zv_i)$ adalah nilai rata-rata Z untuk v_1 dan $\mu(Zv_2)$ adalah nilai rata-rata Z untuk v_2 , Z_i adalah nilai Z untuk v_1 dan v_2 dengan $i : [1..4]$ dan $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 \in Z$. Sementara itu, Sv_1 dan Sv_2 adalah nilai stage untuk masing-masing v_1 dan v_2 .

4. Teknik Pengukuran Kinerja Platform Sistem Komputasi Layanan

Pada bagian ini, teknik pengukuran kinerja platform sistem

komputasi layanan ditinjau dari dua sudut pandang, yaitu sudut pandang kinerja dari sisi desain pada bagian perancangan sistem berbasis SOA dan sudut pandang dari sisi kinerja internal sistem setelah sistem tersebut dioperasikan.

a. Kinerja Hasil Desain

Pengukuran kinerja hasil desain platform sistem komputasi layanan merupakan representasi dari evaluasi di dalam desain enkapsulasi sistem layanan TI. Desain yang dimaksud adalah hasil dari tahap 2 framework yang diusulkan. Evaluasi tersebut merupakan bentuk dari kontrol rekayasa platform sistem komputasi layanan pada saat melakukan desain dan membangun platform sistem komputasi layanan. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur desain platform sistem komputasi layanan yang dibangun terhadap prinsip-prinsip dari desain SOA. Beberapa prinsip utama yang digunakan untuk evaluasi metodologi ini di antaranya adalah kohesi (*cohesion*), *coupling*, dan *reusability* (Elhag dkk., 2015; Elhag dan Mohamad, 2014; Sindhgatta dkk., 2009) sebagai berikut:

1. Kohesi (*cohesion*) memperlihatkan ukuran kuat tidaknya hubungan antara operasi-operasi dalam suatu layanan. Kohesi menunjukkan derajat hubungan antara operasi-operasi yang terdefinisi di dalam sebuah layanan, dan diukur dengan menggunakan *Service Functional Cohesion Index* (SFCI) (Sindhgatta dkk., 2009). Metrik ini mengukur tingkat kohesi dari suatu layanan dengan formula matematis sebagai berikut (Elhag dan Mohamad, 2014):

$$SFCI(s) = \frac{Max(\mu(m))}{|O(s)|} \quad (4)$$

Keterangan:

m adalah pesan (*message*) yang digunakan di dalam suatu operasi (*operation*) pada suatu layanan s (*service s*). Tingkat kohesi data dalam sebuah layanan dapat dihitung dengan menggunakan "*average used message factor*" yang memperlihatkan rata-rata jumlah *message* yang digunakan dalam suatu layanan s (*service s*). Semakin kecil jumlah *message* yang digunakan di dalam suatu *service* mengindikasikan tingginya tingkat kohesi data (Shim dkk., 2008)

$\mu(m)$ adalah banyaknya operasi (*operation*) yang menggunakan suatu *message m*.

$|O(s)|$ adalah jumlah operasi yang dimiliki oleh suatu *service s*.

SFCI dihitung dengan menentukan jumlah maksimum dari operasi yang menggunakan *message* tertentu dari keseluruhan *message* yang digunakan oleh *service* terhadap jumlah keseluruhan operasi pada suatu *service*. Rentang nilai $0 \leq SFCI(s) \leq 1$, artinya nilai maksimum kohesi *service s* bernilai 1 jika seluruh operasi dalam *service s* menggunakan setidaknya satu *message* tertentu secara bersama, dan nilai minimum kohesi *service s* bernilai 0 jika tidak ada *message* yang digunakan secara bersama oleh seluruh operasi.

Selanjutnya, ukuran kohesi untuk menghitung faktor hubungan antara *services* adalah dengan menggunakan *cohesion factor (CohF)* yang memperlihatkan interaksi (hubungan) antara *services*, atau disebut dengan *service inter-calling*, dengan formula matematis sebagai berikut (Elhag dan Mohamad, 2014):

$$CohF(s) = \frac{CM(s)}{f^2 - f} \quad (5)$$

$$f = NS(s) + NO(s) \quad (6)$$

Keterangan:

CM adalah jumlah panggilan internal (*internal calling*) dalam bentuk *service invocation* yang dibutuhkan dalam suatu *service*, bisa berupa *invocation* dari suatu *service* ke *sub service*, antara *sub service*, atau sebuah operasi dari *sub service* yang dipanggil oleh *sub service* lainnya dalam *super-set service* yang sama.

f nilai faktor ukuran suatu *service*

NS jumlah *sub services* pada *service s*

NO jumlah operasi pada *service s*

2. Kopling (*coupling*) digunakan untuk mengukur kuat tidaknya interaksi dan ketergantungan antara layanan-layanan di dalam sebuah sistem. Tingkat kopling yang rendah di dalam sebuah sistem layanan (*a loosely coupled system*) dibutuhkan untuk memperkecil dampak perubahan atau modifikasi suatu layanan terhadap keseluruhan sistem (Elhag dan Mohamad, 2014; Sindhgatta dkk., 2009). Sama dengan metrik kohesi, pengukuran kopling juga dapat dilakukan dengan menggunakan analisis pesan atau *service inter-calling*, yaitu ukuran *Service Message Coupling Index (SMCI)* dengan formulasi matematis sebagai berikut (Sindhgatta dkk., 2009):

$$SMCI(s) = |\cup M(o')| (o' \in s) \forall \exists_{o \in s}, \exists_{o' \in s'} calls(o, o') \wedge s \neq s' \quad (7)$$

Keterangan:

$M(o')$ adalah sekumpulan *message type* yang digunakan oleh

operasi o' .

$calls(o,o')$ adalah banyaknya *calling* oleh operasi o kepada operasi o'

SMCI merepresentasikan sebagai jumlah keseluruhan *message type* yang digunakan oleh suatu *service s* untuk berkomunikasi dengan *service* lainnya.

Selanjutnya, ukuran *coupling* untuk menghitung faktor interaksi antara suatu *services* dengan *services* lainnya di dalam suatu sistem adalah dengan menggunakan *coupling factor (CopF)*, dengan formula matematis sebagai berikut (Elhag dan Mohamad, 2014):

$$CopF(s) = \frac{IC(s)}{f^2 - f} \quad (8)$$

Keterangan:

IC Indirect Coupling adalah banyaknya *service* yang dikonsumsi atau dipanggil (*invoked*) oleh suatu *service s*, baik secara langsung maupun tidak langsung. f nilai faktor ukuran suatu *service*.

3. *Reusability* merupakan kemampuan dari suatu *service* untuk melayani beberapa permintaan. Prinsip dari ukuran ini adalah bahwa suatu *service* memiliki tingkat *reusable* yang tinggi, yaitu sebuah *service* harus dibangun untuk dapat memenuhi lebih dari satu pengguna layanan (*service consumer*) (Elhag dan Mohamad, 2015; Sindhgatta dkk., 2009). Ukuran *reusability* ini dapat diestimasi berdasarkan proporsi nilai ukuran *cohesion* dan *coupling*, karena ukuran *reusability* suatu *service* yang tinggi ditunjukkan dengan tingkat kohesi yang tinggi (*high cohesion*) dan tingkat kopling yang rendah (*low coupling*) (Sindhgatta

dkk., 2009). Oleh karena itu, metrik *reusability* harus proporsional terhadap fungsi *cohesion* (sebagai nominator) dengan *coupling* (sebagai denominator). Metrik *reusability* ini dapat dinyatakan dengan formulasi matematis sebagai berikut:

$$Reusability(s) = F(Cohesion(s), Coupling(s)) \quad (9)$$

$$Reusability(s) \propto \frac{Cohesion(s)}{Coupling(s)} \quad (10)$$

Dari persamaan tersebut, terlihat bahwa sebuah *service* mempunyai *reusability* yang tinggi jika *service* tersebut memiliki nilai *cohesion* yang tinggi dan nilai *coupling* yang rendah. *Cohesion* yang tinggi memperlihatkan hubungan yang kuat antara *operations* (dan *sub services*) dalam suatu layanan, sedangkan *coupling* yang rendah memperlihatkan minimnya ketergantungan antara komponen-komponen suatu *service* dengan *services* lainnya.

b. Kinerja Platform

Pengukuran kinerja platform sistem komputasi layanan dilakukan dengan menggunakan *dependability*. *Dependability* menggambarkan tingkat kepercayaan sistem untuk tidak mengalami kegagalan di dalam menyampaikan layanan kepada pengguna dalam kondisi operasional yang normal dengan kemungkinan kegagalan (*failure*) yang masih dapat ditoleransi (Huang dkk., 2011, 2014). *Dependability* ini diuraikan dalam lima variabel pengukuran, yaitu *availability (Ava(S))*, *integrity (Int(S))*, *safety (Safe(S))*, *reliable (Rel(S))*, dan *maintainability (Mai(S))*. Rentang nilai kelima variabel tersebut adalah $0 \leq \text{value} \leq 1$ yang merupakan rentang nilai dari probabilitas.

$Dependability(S) = f[Ava(S), Int(S), Safe(S), Rel(S), Mai(S)]$

$S = \{S_i, i=1, 2, \dots, n\}$ adalah komponen sistem layanan (11)

Keterangan:

1. $Ava(S)$: *Availability*, menunjukkan probabilitas sistem tersedia dan dapat diakses oleh pengguna

$$Ava(S) = P_s(A) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T P(A(t)) dt = \mu_A \quad (12)$$

μ_A adalah probabilitas sistem berada dalam status *ready* dan dapat diakses pada waktu T.

2. $Int(S)$: *Integrity*, menunjukkan probabilitas integrasi sistem pada saat sistem tidak bisa diakses ataupun mengalami *failure* karena kerusakan sistem.

$$Int(S) = P_s(IM|RE) = \frac{\mu_A \mu_{IA}}{\mu_A + \mu_{IA} + \mu_{ID}} \quad (13)$$

μ_{IA} dan μ_{ID} adalah probabilitas sistem berada dalam status *ready* namun tidak dapat diakses atau mengalami kerusakan (*destroyed*)

3. $Safe(S)$: *Safety*, menunjukkan probabilitas keamanan sistem pada saat sistem tidak dapat diakses atau *failure*, baik pada kondisi dapat diperbaiki (*recoverable*), tidak dapat diperbaiki (*non recoverable*), dan *unsafe*.

$$Safe(S) = P_s(Safe|RE) = \frac{\mu_R + \mu_N}{\mu_R + \mu_N + \mu_U} \quad (14)$$

μ_R , μ_N , dan μ_U adalah probabilitas sistem kembali dalam status *ready* pada saat sistem *recoverable*, *non recoverable*, dan *unsafe*.

4. $Rel(S)$: *Reliable*, menunjukkan probabilitas keandalan sistem pada saat sistem kembali pada status *ready* pada waktu t setelah dilakukan perbaikan (*recover*) pada periode waktu (t, τ)

$$Rel(S) = P_s(RE(t, \tau)|RE(0)) \quad (15)$$

5. $Mai(S)$: *Maintainability*, menunjukkan probabilitas sistem dapat diperbaiki (*recoverable*) pada saat mengalami *failure*.

$$Mai(S) = P_s(R|F) = \frac{\mu_R + \mu_N}{\mu_R + \mu_N + \mu_U} \quad (16)$$

5. Platform Smart Campus

Pengembangan platform sistem komputasi layanan telah dilakukan melalui studi kasus pengembangan sistem layanan *smart campus* sebagai representasi dari sebuah platform sistem komputasi layanan. *Smart campus* mencakup keragaman sistem layanan yang disampaikan kepada beragam pengguna dengan kebutuhan intrinsik untuk layanan berkualitas tinggi. Pendekatan ini menjadikan sistem layanan pada *platform smart campus* memiliki karakteristik sistem layanan kompleks yang membutuhkan pemahaman dan studi komprehensif dalam bidang komputasi layanan. Karakteristik dari *system of systems* pada *smart campus* (SOSSC) diidentifikasi melalui fungsi yang diformulasikan sebagai berikut:

$$SOS_{SC} = \bigcup_{i=1}^n SS_i \xrightarrow{1..n} SS \in SOS \quad (17)$$

Dalam persamaan di atas, SS adalah sistem layanan (*service system*), n

adalah jumlah *service system*, dan $SOS_{SC} \leftarrow SS_1, SS_2, SS_3, \dots, SS_n$. Fungsi *set services systems* (SS) sebagai elemen SOS dirumuskan sebagai berikut:

$$SS_i = \bigcup_{j=1}^m \bigcup_{l=1}^n SI_{jl} SS_i, O(SS_{ij}), O \in S \wedge S \in SS \quad (18)$$

Dalam persamaan ini, SS adalah *service system* (sistem layanan), SI adalah *services interface*, $SS_i \leftarrow SI_{1j}, SI_{2j}, SI_{3j}, \dots, SI_{ij}$ S adalah *service*, $SS_i \leftarrow S_{1j}, S_{2j}, \dots, S_{ij}$ O adalah operasi layanan S, $S_j \leftarrow O_{1j}, O_{2j}, \dots, O_{ij}$ m adalah banyaknya layanan dalam *service system* i, n adalah banyaknya *service system*. Sebuah operasi (O) terikat dengan sebuah layanan (S) dalam sistem layanan yang relevan dan sebuah *service interface* (SI) milik dari sistem layanan (SS) terkait.

Gambar III.5 menampilkan domain-domain dari model *smart campus*, yang disajikan dalam bentuk *system of systems* (SOS). Domain tersebut memberikan panduan untuk mengidentifikasi tujuan dan kebutuhan sistem. Ada enam domain utama dalam model platform *smart campus*, yaitu *Smart Learning*, *Smart Management*, *Smart Governance*, *Smart Social*, *Smart Green*, dan *Smart Health*. Enam domain tersebut dikemas ke dalam kelompok sistem layanan (*services system*). Setiap sistem layanan berisi daftar sistem aplikasi. Berbagai sistem aplikasi disusun untuk mengoperasikan *platform smart campus*, dan secara langsung menjadi bagian dari platform tersebut.

Smart Learning mencakup proses pembelajaran di universitas/kampus yang melibatkan dosen dan mahasiswa sebagai aktor utama. Dalam domain ini, sistem layanan *smart campus* mengotomasikan dan

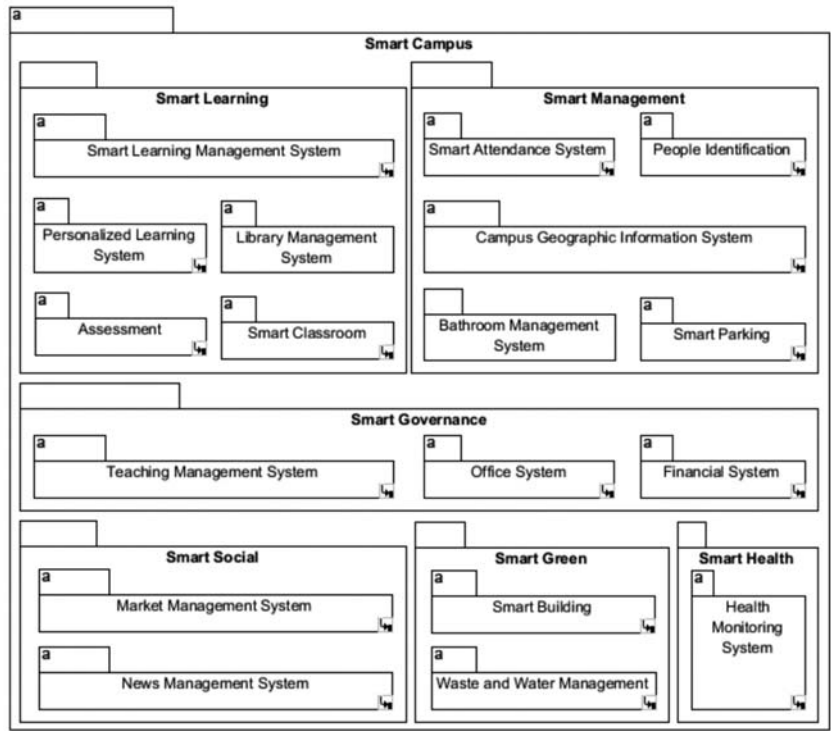
meningkatkan proses pembelajaran tradisional. Hal ini menunjukkan bagaimana keterlibatan TI secara signifikan dapat mempengaruhi evolusi proses pembelajaran. *Smart Management* fokus pada manajemen umum di universitas/kampus. Domain ini juga mencakup fasilitas dan infrastruktur yang ada di universitas, serta orang-orang (staf, dosen, mahasiswa, dan tamu) yang ada di dalam kampus (komunitas). *Smart Governance* memperhatikan masalah tata kelola universitas/kampus yang bertanggung jawab dan memenuhi kebutuhan para pemangku kepentingan (*stakeholders*). *Smart Social* berkaitan dengan interaksi yang terjadi antara mahasiswa atau antara mahasiswa dengan dosen, yang memperlihatkan suatu proses interaksi sosial yang terjadi secara alami. *Smart Green* menyoroti aspek lingkungan di kampus, yang memberikan perhatian pada tingkat polusi karbon di lingkungan universitas/kampus. *Smart Health* melihat aspek kesehatan dari penghuni atau civitas kampus. Kunci dari *Smart Health* adalah memastikan, melacak, dan memelihara kesehatan keseluruhan komunitas kampus.

Fungsi *platform smart campus* sebagai *system of systems* SOS(SC) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$SOS_{(SC)} = \langle SD_i(SS_{ij}) \rangle, SS \in SD \wedge SD \in SOS \quad (19)$$

Dalam persamaan di atas, variabel SD adalah *Smart campus Domain* (domain smart campus), $SOS_{SC} \leftarrow \{SD_1, SD_2, \dots, SD_i\}$, SS adalah sistem layanan (*service systems*), $SD_i \leftarrow \{SS_{i1}, SS_{i2}, \dots, SS_{ij}\}$, i: adalah banyaknya domain layanan, dan j adalah banyaknya sistem layanan pada domain i. Sementara itu, *System of systems* untuk platform smart campus SOS(SC) dapat diuraikan sebagai berikut:

SOS(SC) = <**Smart Learning** (Smart Learning Management System, Personalized Learning System, Assessment System, Smart Classroom System, Library Management System), **Smart Management** (People Identification System, Smart Attendance System, Smart Parking System, Bathroom Management System, and Campus Geographic Information System), **Smart Governance** (Teaching Management System, Financial System, Office System), **Smart Social** (Market Management System and News Management System), **Smart Green** (Smart Building System, and



Gambar III.5 System of systems (SOS) dari platform smart campus



Gambar III.6 Platform smart campus menurut sistem layanan

Waste And Water Management System), *Smart Health* (*Health Management System*)>

Penelitian ini menghasilkan prototipe platform sistem komputasi layanan untuk *smart campus* sebagai representasi dari studi kasus. Prototipe sistem layanan *smart campus* dibangun berdasarkan hasil desain yang telah dilakukan pada tahap 2 SCSEF (*Stage 2 Modeling*). Gambar III.6 memperlihatkan tampilan *platform smart campus* yang dikelompokkan menurut 18 sistem layanan (*services systems*) dan 6 domain layanan.

6. Hasil-Hasil Penelitian Lainnya

Penelitian-penelitian lain yang masih berlangsung dan belum dilaporkan antara lain pengembangan platform sistem komputasi layanan, *dynamic service composition*, *service computing trust*, *secure and smart service computing*. Platform sistem komputasi layanan yang masih dalam proses pengembangan antara lain: platform smart city, platform uang dan pembayaran elektronik, platform komputasi layanan cerdas dan aman, platform readiness forensik digital. Penelitian dan inovasi berbagai platform sistem komputasi layanan ini selain bertujuan untuk menguji dan menyempurnakan metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan, juga dimaksudkan untuk menyediakan solusi platform generik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan sistem layanan di sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik. Penelitian dan inovasi tentang *dynamic service composition* dimaksudkan untuk memperoleh solusi bagi pengembangan sektor industri jasa yang sedang berkembang pesat dan juga sektor pelayanan publik.

IV. TANTANGAN DAN PELUANG KEILMUAN KOMPUTASI LAYANAN KE DEPAN

Bagian akhir, sebelum bagian PENUTUP, ini melaporkan tantangan dan peluang penelitian dan inovasi dalam keilmuan komputasi layanan ke depan. Ada 4 (empat) tema yang dilaporkan pada bagian ini, yaitu: pengembangan keilmuan komputasi layanan dalam arah monodisiplin dan interdisiplin, paradigma berorientasi layanan pada desain/rekayasa sistem berbasis TI dan layanan perangkat lunak kompleks, komposisi layanan dengan pendekatan *open scenario*, dan platform komputasi layanan cerdas dan aman. Masih ada hal-hal lain yang menjadi tantangan dan peluang tentunya, namun untuk orasi ini hanya dibatasi 4 hal tersebut karena keterbatasan waktu penyampaian.

A. Pengembangan Keilmuan Komputasi Layanan Dalam Arah Monodisiplin, Interdisiplin, dan Multidisiplin

Pengembangan keilmuan komputasi layanan dalam arah monodisiplin fokus pada pengembangan layanan perangkat lunak (*software services*) dan aspek-aspeknya. Perkembangan komputasi layanan secara monodisiplin ini terus berlangsung sejalan dengan perkembangan SOA sebagai tonggak awal berkembangnya paradigma *service oriented computing* (SOC) sebagai cara pandang komputasi berorientasi layanan dalam membangun dan mengembangkan *software services* (Gu dkk., 2007; Sarjoughian dkk., 2008; Zhang dkk., 2007). Perkembangan teknologi komputasi untuk mengembangkan dan membangun *software services* juga menjadi peluang keilmuan komputasi layanan ke depan. Artinya, *software services* sebagai obyek yang ditelaah pada keilmuan komputasi layanan

menjadi obyek penelitian yang merepresentasikan obyek pengembangan keilmuan komputasi layanan pada arah monodisiplin.

Beberapa tantangan pengembangan keilmuan komputasi layanan pada *software services* adalah dengan mengembangkan: (i) *software platform* yang fokus pada sebuah fondasi layanan perangkat lunak untuk membangun layanan aplikasi terdistribusi pada penyediaan layanan yang akan digunakan oleh pengguna, khususnya layanan perangkat lunak, layanan pengelolaan aplikasi, atau layanan infrastruktur untuk menjalankan aplikasi (Eisele dkk., 2017; Haile dan Altmann, 2017); (ii) *SOA design principles* yang fokus pada pengembangan dan/atau penerapan prinsip-prinsip SOA dalam menghadirkan dan mengukur desain *software services* yang sesuai dengan kebutuhan implementasi prinsip-prinsip SOA tersebut (Elhag dkk., 2015; Erl, 2017); (iii) *microservices* sebagai perkembangan dari SOA yang fokus pada arsitektur desain dan komposisi layanan aplikasi (Erl, 2017; Newman, 2015); (iv) *web service QoS* yang fokus pada optimasi dan peningkatan kualitas layanan aplikasi melalui efisiensi penjadwalan dan manajemen layanan (Chen dan Lin, 2015; Wu dkk., 2015); (v) *dependability* yang fokus pada kehandalan dan kinerja dari layanan aplikasi (Chen dan Lin, 2015; Huang dkk., 2014); dan (vi) *service composition* pada *software services* yang fokus pada pemilihan dan pengelompokan kandidat-kandidat layanan aplikasi secara otomatis dan dinamis (Deng dkk., 2016; Ye dkk., 2016).

Sementara itu, pengembangan keilmuan komputasi layanan dalam arah interdisiplin fokus pada pengembangan sistem layanan (*services systems*) yang didukung oleh sains dan teknologi komputasi layanan.

Perkembangan komputasi layanan secara interdisiplin ini terus berlangsung sejalan dengan perkembangan disiplin keilmuan *computing* yang khusus fokus pada *services*, disiplin keilmuan *service science* dan SSME, metodologi desain dan rekayasa. Sistem layanan sebagai obyek utama yang dianalisis dan ditelaah dalam komputasi layanan melengkapi dan memperbaiki cara pandang dalam pengembangan layanan aplikasi perangkat lunak. Artinya, komputasi layanan tidak hanya fokus pada pengembangan layanan aplikasi perangkat lunak saja, namun juga mencakup pengembangan layanan bisnis. Kolaborasi antara layanan aplikasi perangkat lunak dan layanan bisnis inilah yang dicakup di dalam sistem layanan. Perkembangan teknologi komputasi layanan dalam mengembangkan dan membangun *services systems* memicu peluang perkembangan keilmuan komputasi layanan ke depan. Selain itu, perkembangan metodologi desain dan/atau rekayasa yang telah ada juga memberikan kontribusi pada penyediaan metode formal untuk membangun dan merekayasa sistem layanan. Dengan demikian, *services systems* sebagai obyek yang ditelaah dalam keilmuan komputasi layanan menjadi obyek penelitian yang merepresentasikan obyek pengembangan keilmuan komputasi layanan pada arah interdisiplin.

B. Paradigma Berorientasi Layanan Pada Desain / Rekayasa Sistem Berbasis Teknologi Informasi dan Perangkat Lunak Kompleks

Paradigma berorientasi layanan pada pengembangan sistem layanan dan layanan perangkat lunak melengkapi paradigma yang telah ada sebelumnya yaitu pendekatan/paradigma terstruktur (*structured approach*) dan paradigma berorientasi obyek (*object oriented*) dalam pengembangan

perangkat lunak. Kehadiran paradigma berorientasi layanan memang tidak menggantikan 2 (dua) paradigma yang telah ada sebelumnya, namun demikian paradigma berorientasi layanan ini sangat sesuai untuk pengembangan perangkat lunak pada sistem layanan dan perangkat lunak kompleks yang saat ini kebutuhannya meningkat di sektor industri jasa dan sektor pelayanan publik yang sedang mengalami transformasi digital. Peningkatan kompleksitas kebutuhan sistem layanan dan layanan perangkat lunak ini terjadi karena persaingan yang ketat di sektor industri jasa digital dan tuntutan masyarakat yang semakin tinggi terhadap kualitas layanan kepada pelayanan publik yang merupakan kewajiban pemerintah.

Kebutuhan sistem layanan dan layanan perangkat lunak semakin kompleks. Hasil penelitian yang telah disampaikan pada bagian sebelumnya berusaha menjawab kebutuhan sistem layanan dan layanan perangkat lunak yang semakin kompleks dengan platform sistem komputasi layanan untuk kebutuhan tertentu. Laporan hasil studi kasus pada penelitian/pengembangan *platform smart campus* merupakan salah satu hasil penelitian tersebut dan sedang dikembangkan studi kasus pengembangan platform sistem komputasi layanan untuk kebutuhan-kebutuhan lainnya, seperti: *smart city, service composition, forensics readiness for electronic payment systems, forensics readiness for cloud computing*. Penelitian studi kasus pengembangan berbagai platform sistem komputasi layanan untuk berbagai kebutuhan tersebut merupakan rangkaian penelitian untuk menguji metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan sebagai salah satu hasil penelitian yang telah

dilakukan di *Service Computing Labs* KKI STEI ITB yang telah dilaporkan pada bagian sebelumnya. Hasil pengujian terhadap metodologi rekayasa platform komputasi layanan telah menunjukkan hasil yang baik dan benar. Oleh sebab itu selanjutnya dibutuhkan metode, teknik, dan tools untuk melengkapi metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan tersebut, sehingga proses rekayasa platform sistem layanan untuk membangun sistem layanan dan layanan perangkat lunak untuk berbagai kebutuhan sistem layanan yang semakin kompleks dapat dilakukan secara mudah dan benar.

Metodologi, metode, teknik, dan *tools* untuk membangun sistem layanan dan layanan perangkat lunak menggunakan paradigma berorientasi layanan mendorong pertumbuhan industri perangkat lunak yang semakin kompetitif bagi pengembangan sektor jasa digital dan sektor pelayanan publik digital. Pertumbuhan industri perangkat lunak ini juga akan meningkatkan keunggulan pelaku usaha di sektor industri jasa digital dan meningkatkan kualitas layanan lembaga pelayanan publik di sektor pelayanan publik digital.

C. Komposisi Layanan Dengan Pendekatan *Open Scenario*

Kehadiran satu bisnis online telah membuka berbagai peluang bisnis-bisnis online lainnya. GoJek yang pada awalnya hadir sebagai model bisnis baru di sektor industri jasa transportasi menggunakan moda transportasi sepeda motor yang kemudian berkembang menggunakan modal transportasi mobil (GoCar), telah membuka berbagai bisnis online baru di sektor jasa kuliner (GoFood), logistik (GoBox/GoSend), kesehatan

(GoMessage), perdagangan, pembayaran elektronik (GoPay, Ovo), dan berbagai bisnis online baru lainnya yang sedang dan akan muncul. Traveloka yang pada awalnya hadir sebagai bisnis penjualan tiket online dan pemesanan kamar hotel, juga berkolaborasi dengan jasa pembayaran elektronik lainnya. Perkembangan bisnis online tersebut di atas merupakan contoh perkembangan bisnis di sektor industri jasa digital.

Perkembangan bisnis di sektor industri jasa digital di atas membuka peluang hadirnya bisnis-bisnis online baru sebagai hasil dari kolaborasi antara bisnis-bisnis online baru dengan bisnis-bisnis online yang telah ada atau yang digerakan oleh kehadiran bisnis online baru tersebut. Perkembangan bisnis online baru sebagai hasil kolaborasi antara satu bisnis online dengan bisnis online lainnya membutuhkan solusi teknis di tingkat layanan perangkat lunak atau sistem layanan untuk terjadinya kolaborasi diantara aplikasi-aplikasi yang menjalankan bisnis-bisnis online yang saling berkolaborasi tersebut. Dalam bahasa teknis kolaborasi ini disebut dengan komposisi layanan (*services composition*).

Komposisi layanan adalah proses membangun layanan baru dengan cara menggabungkan beberapa layanan yang sudah ada (Pathathai dkk., 2014 dan AlSedrani & Touir, 2016) menggunakan algoritma yang sesuai (Reisig, 2018). Komposisi layanan melibatkan penggabungan dan koordinasi sejumlah layanan dengan tujuan mencapai fungsionalitas yang lebih kompleks dan tidak dapat direalisasikan oleh layanan yang sudah ada (Baryannis dan Plexousakis, 2010) serta menciptakan layanan baru yang berpotensi menambah nilai (Singh dan Huhns, 2005). Paoli (2018) mendefinisikan komposisi layanan sebagai proses yang melibatkan

sekumpulan layanan dalam sebuah alur kerja yang telah ditentukan, atau sistem yang mengatur sendiri kolaborasi antar layanan untuk mencapai tujuan bersama. Layanan yang dihasilkan melalui komposisi layanan merupakan sebuah layanan komposit yang mengkombinasikan layanan-layanan atomik (individual) atau layanan komposit lain di dalam sebuah aliran tertentu (Sahoo dan Bhuyan, 2016). Berdasarkan berbagai pengertian tentang komposisi layanan di atas, dapat disimpulkan bahwa komposisi layanan merupakan sebuah proses terstruktur yang melibatkan metode, teknik, dan algoritma tertentu untuk menghasilkan sebuah layanan baru dengan cara mengkolaborasikan layanan-layanan yang sudah ada dalam sebuah aliran kerja sehingga mampu memenuhi fungsionalitas yang lebih kompleks.

Komposisi layanan dapat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu *pre-defined service composition* dan *dynamic service composition*. *Pre-defined service composition* merupakan komposisi layanan yang sudah didesain sebelumnya di dalam layanan perangkat lunak, sedangkan *dynamic service composition* merupakan komposisi layanan yang terjadi tanpa didesain sebelumnya. *Dynamic service composition* adalah komposisi layanan yang terjadi secara spontan karena perkembangan layanan-layanan baru sebagai hasil kolaborasi dan negosiasi dari layanan-layanan yang telah ada untuk menghasilkan layanan baru yang memiliki nilai layanan yang lebih tinggi. *Dynamic service composition* ini juga disebut dengan *open scenario service composition*. Penelitian *open scenario service composition* sangat dibutuhkan untuk mendukung perkembangan *cross over service industry*.

D. Platform Komputasi Layanan Cerdas dan Aman

Terdapat beberapa pengertian mengenai platform komputasi layanan yang telah disampaikan oleh beberapa ahli. Pertama, platform dapat diartikan sebagai sebuah fondasi perangkat lunak untuk membangun aplikasi terdistribusi dalam menyediakan layanan yang akan digunakan oleh pengguna, seperti layanan perangkat lunak, layanan pengelolaan aplikasi, atau layanan infrastruktur (Eisele dkk., 2017; Haile dan Altmann, 2017). Sebuah platform layanan aplikasi terintegrasi (termasuk infrastruktur didalamnya) digunakan untuk pengembangan, pengujian, penggelaran dan pengoperasian layanan berbasis *cloud* (Haile dan Altmann, 2017; Guo dkk., 2016; Yoshida dkk., 2010). Kedua, platform didefinisikan sebagai sebuah arsitektur yang dirancang untuk mendukung proses komposisi layanan berbasis web (*web services*) serta dapat menyediakan alat bantu dan teknik pemodelan, simulasi, analisis, perencanaan, penyediaan dan pemantauan aplikasi berorientasi layanan secara langsung (*real time*) (Guardia dkk., 2017; Boniiface dkk., 2010). Sebuah konsep arsitektur platform menawarkan layanan modular yang kemudian dapat diintegrasikan ke dalam layanan-layanan aplikasi melalui antarmuka yang terbuka dan terstandarisasi (Pflügler dkk., 2016). Ketiga, platform didefinisikan sebagai kerangka kerja (*framework*) berorientasi layanan yang mendukung proses desain, pengembangan dan evaluasi dari sistem layanan. Kerangka kerja tersebut mencakup alat bantu pemodelan untuk mendukung rekayasa perangkat lunak berorientasi layanan dan pengembangan layanan aplikasi (Weng dkk., 2016; Matsas dkk., 2016; Zhu dkk., 2009; Li dkk., 2007). Kerangka kerja (*framework*) ini juga memperlihatkan alur kerja (*workflow*) lintas organisasi

dan manajemen proses siklus hidup secara keseluruhan pada layanan lintas organisasi (Tan dkk., 2014). Keempat, platform didefinisikan sebagai seperangkat alat bantu perancangan/desain, model referensi dan perangkat lunak yang memungkinkan desain serta implementasi aplikasi dan komponen-komponen *Service Oriented Architecture* (SOA) secara konsisten dan efektif (Souza dkk., 2017; Bergvall-kårebor dkk., 2013; Li dkk., 2011).

Pengertian platform komputasi layanan yang telah dilaporkan sebagai hasil penelitian pada bagian sebelumnya adalah lingkungan (*environment*) pengembangan sistem layanan yang terdiri atas sekumpulan sumber daya TI yang mencakup model layanan TI, perangkat keras, perangkat lunak, data/informasi dan infrastruktur sebagai alat bantu proses mendesain dan merekayasa sistem layanan menggunakan kerangka kerja (*framework*) berorientasi layanan. Lingkungan merepresentasikan set atau sekumpulan prosedur (*procedures*), proses (*processes*), dan perangkat alat bantu (*tools*) untuk membangun atau mengembangkan sistem layanan. Model layanan TI di dalam laporan hasil penelitian di atas direpresentasikan dalam bentuk model referensi platform sistem komputasi layanan yang menunjukkan interaksi dan hubungan antara komponen-komponen yang diperlukan untuk membangun platform. Kerangka kerja (*framework*) berorientasi layanan di dalam laporan hasil penelitian di atas disebut sebagai kerangka kerja rekayasa sistem komputasi layanan (*services computing systems engineering framework*) yang digunakan untuk mendesain dan merekayasa sistem layanan.

Berdasarkan hasil penelusuran berbagai laporan riset yang telah dipublikasi, platform komputasi layanan pada sistem layanan cerdas seperti *smart city* dan *smart campus* saat ini masih cenderung dibangun secara parsial dan belum dipertimbangkan sebagai satu kesatuan platform sistem yang utuh. Beberapa objek penelitian *smart city* cenderung sektoral (*parsial*) di dalam membangun sistem layanan, seperti *smart health* (Venkatesh dkk., 2017; Guo dkk., 2017; Thaduangta dkk., 2016), *smart transportation* (Beerladinni dkk., 2017; Cheng dkk., 2017; Shukla dkk., 2016), *smart education* (Goebel dkk., 2016; Jagtap dkk., 2016; Uskov dkk., 2016; Ng, 2015), *smart agriculture* (Elhebeary dkk., 2017; Tenzin dkk., 2017; Roopaei dkk., 2017; Sahitya dkk., 2016; Kapoor dkk., 2016), *smart energy/power* (Liu dkk., 2017; Anup dkk., 2017; Brundu dkk., 2017), dan *smart government* (Yang dan Huang, 2017; Lucke, 2016; Herrera-Quintero dkk., 2015). Namun, masing-masing layanan *smart city* tersebut masih dikembangkan sendiri-sendiri dan masih belum memperlihatkan interaksi dan kolaborasi antara subsistem layanannya. Pengembangan *smart city* membutuhkan platform standar dalam bentuk *model integrated smart systems* yang mampu mengoperasionalkan subsistem-subsistem sebagai satu kesatuan dalam sebuah sistem layanan *smart city* terintegrasi (Muvuna dkk., 2017). Sementara itu, penelitian platform sistem komputasi layanan pada *smart campus* juga memperlihatkan fenomena yang mirip dengan *smart city*, yaitu pembangunan sistem layanan yang juga cenderung parsial, diantaranya *smart learning* (Soliman dkk., 2016; Yim, 2016; Coccoli dkk., 2015; Atif dan Mathew, 2013), *smart campus platform* (Adamko dkk., 2016; Bello dkk., 2015), *wireless technology* (Merode dkk., 2016; Li dkk., 2016; Zhang dkk., 2016), *Internet of Things* (Hentschel

dkk., 2016; Alghamdi dkk., 2016; Manqe dkk., 2015; Liu dkk., 2014), *smart campus grid-energy* (Talei dkk., 2016; Lazaroiu dkk., 2016; Brenna dkk., 2016; Kusakabe dkk., 2014), *smart campus concept-strategy* (Mattoni dkk., 2016; Pagliaro dkk., 2016), dan *smart parking* (Bandara dkk., 2016). Berdasarkan kajian penelitian-penelitian *smart city* dan *smart campus* tersebut, terlihat bahwa platform sistem komputasi layanan masih dibangun dengan pendekatan sektoral dan cenderung tidak/belum beroperasi secara terintegrasi. Selain itu, platform sistem komputasi layanan pada *smart city* dan *smart campus* tersebut juga masih belum mempertimbangkan interaksi dan kolaborasi dengan sistem yang sudah ada sebelumnya. Lebih jauh, penelitian di area *smart city* dan *smart campus* tersebut masih belum menghasilkan platform generik yang sesuai dengan kebutuhan organisasi sektor industri jasa dan/atau sektor pelayanan publik dalam mewujudkan model referensi platform sistem komputasi layanan.

Platform komputasi layanan cerdas dan aman (*secure and smart service computing platform*) merupakan solusi yang dibutuhkan untuk menghadirkan sebuah lingkungan pengembangan sistem layanan yang menyediakan fitur-fitur cerdas dan aman. Fitur-fitur cerdas pada platform komputasi layanan mengadopsi (*leveraging*) sains dan teknologi AI (*artificial Intelligence*) serta dukungan perangkat IoT untuk menghasilkan platform sistem layanan cerdas yang mampu belajar dan melakukan analisis informasi secara pintar (Zantalis dkk., 2019). Sedangkan, fitur-fitur aman (*secure*) pada platform komputasi layanan mengadopsi dan menerapkan sains dan teknologi keamanan digital didalam membangun platform sistem layanan.

V. PENUTUP

Pengembangan keilmuan komputasi layanan terjadi dalam arah monodidiplin, interdisiplin, dan multidisiplin. Perkembangan komputasi layanan secara monodisiplin ditandai dengan munculnya konsep *Services Oriented Architecture* (SOA) yang merupakan cara pandang arsitektur aplikasi perangkat lunak (atau sistem berbasis perangkat lunak) yang berorientasi layanan. Kemunculan SOA menjadi tonggak awal munculnya paradigma *service oriented computing* (SOC) sebagai cara pandang komputasi berorientasi layanan. Berdasarkan cara pandang interdisiplin, komputasi layanan mengintegrasikan beberapa bidang disiplin keilmuan yang terkait, yaitu disiplin keilmuan komputasi (*computing*) yang khusus fokus pada *services* (SOC) dan disiplin keilmuan layanan, yaitu: *Services Science*, dan *Service Science Management and Engineering* (SSME). Dari sudut pandang multidisiplin, komputasi layanan mengkolaborasikan berbagai disiplin keilmuan computing dari IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) dan ACM (Association for Computing Machinery), sekaligus mengintegrasikan berbagai komponen (obyek) disiplin keilmuan tersebut. Oleh sebab itu pengembangan keilmuan komputasi layanan tetap perlu dilakukan bukan hanya dalam arah monodisiplin, tetapi juga sekaligus perlu dikembangkan dalam arah interdisiplin dan multidisiplin.

Kontribusi komputasi layanan pada transformasi digital sektor industri jasa dan pelayanan publik adalah menyediakan metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan untuk membangun layanan perangkat lunak dan sistem layanan yang sesuai. Kontribusi ini sangat

potensial mendorong pertumbuhan sektor industri jasa di Indonesia yang saat ini baru berkontribusi kurang dari 30%. Metodologi rekayasa platform sistem komputasi layanan dapat berkontribusi dalam memberikan panduan dan cara untuk membangun sistem komputasi layanan sebagai wadah (*platform*) untuk menghadirkan layanan perangkat lunak dan sistem layanan yang sesuai. Sistem layanan tersebut diharapkan dapat menciptakan nilai (*value*) dan manfaat bagi masyarakat sebagai pengguna layanan dan organisasi sektor industri jasa sebagai penyedia layanan.

Transformasi digital sektor industri jasa dan pelayanan publik menjadi salah satu penggerak pemanfaatan (*leveraging*) sains dan teknologi komputasi layanan. Transformasi digital sebagai proses digitalisasi sistem layanan menyentuh hampir semua aspek masyarakat dan transaksi layanan bisnis, baik pada organisasi sektor industri jasa maupun sektor pelayanan publik. Persaingan dunia industri jasa menuntut penyedia layanan untuk dapat menciptakan dan menghadirkan sistem layanan yang mampu memberikan nilai dan manfaat lebih kepada pengguna layanan. Memasuki era transformasi digital ini, organisasi sektor industri jasa dan pelayanan publik berlomba-lomba untuk meningkatkan kemampuan (kapabilitas) dan kompetensi layanannya melalui pemanfaatan TI untuk meningkatkan kinerja sistem layanannya.

Adopsi (*leveraging*) keilmuan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan keamanan informasi (*information security*) ke dalam keilmuan komputasi layanan merupakan peluang penelitian dan inovasi untuk

menghadirkan solusi-solusi komputasi layanan cerdas dan aman (*secure and smart service computing*) untuk menjawab kebutuhan sektor industri jasa digital dan sektor pelayanan publik digital yang merupakan bagian penting dalam perkembangan Industri 4.0. *Secure and smart service computing* menjadi dasar dalam pengembangan platform sistem komputasi layanan cerdas dan aman (*secure and smart service computing system platforms*) untuk solusi-solusi sistem layanan dan layanan perangkat lunak pada sektor industri jasa digital dan sektor pelayanan publik digital.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih dan Puji Syukur disampaikan pertama-tama kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah mengijinkan pencapaian jabatan Guru Besar dan telaksananya orasi ilmiah ini. Kemudian ucapan terimakasih disampaikan kepada Rektor ITB beserta wakil-wakil rektor, Senat Akademik ITB (SA-ITB), dan Forum Guru Besar (FGB) ITB yang telah memproses, membahas, memverifikasi, dan menyetujui jabatan Guru Besar ini dan terlaksananya orasi ilmiah di depan para hadirin yang terhormat pada hari ini. Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan keputusan formal terhadap jabatan Guru Besar dalam bidang keilmuan Komputasi Layanan (*Service Computing*) ini.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Dekan Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI) beserta para Wakil Dekan STEI, Senat STEI, Tim Penilaian Angka Kredit (TPAK) STEI yang telah memproses dan meneruskan usulan jabatan Guru Besar ini ke pimpinan ITB. Ucapan

terimakasih juga disampaikan kepada Ketua dan seluruh kolega dosen Kelompok Keilmuan Teknologi (KKTI) STEI yang telah mendorong, mendukung, dan mengajukan usulan jabatan Guru Besar ini.

Pencapaian Guru Besar ini disadari bukan merupakan pencapaian atau kerja pribadi, namun merupakan kerja bersama mitra-mitra selama penelitian dan pengembangan keilmuan komputasi layanan ini. Mitra-mitra tersebut antara lain: Kemenristekdikti RI yang telah memberikan hibah penelitian, Badan Intelijen Nasional (BIN) yang telah mendukung penelitian melalui kerjasama penelitian ITB – BIN. Kemudian mitra-mitra kerjasama pendidikan yang telah memberi kesempatan melakukan pengembangan dan penelitian keilmuan komputasi layanan melalui kegiatan penelitian beberapa mahasiswa pada kerjasama pendidikan STEI - ITB dengan Badan Pengembangan SDM - Kementerian Komunikasi dan Informatika sejak tahun 2008 hingga saat ini yang telah melibatkan mahasiswa dari berbagai Kementerian, Pemerintah Daerah, Lembaga-Lembaga Pemerintah, dan BUMN; juga kerjasama pendidikan STEI – ITB dengan Pusdiklat Badan Pusat Statistik (BPS) sejak tahun 2013 hingga saat ini.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada kedua orang tua yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh kesabaran, ketekunan, dan kasih sayang yang telah mendahului kami dan kedua mertua yang juga telah mendahului kami. Ucapan terimakasih tidak lupa disampaikan kepada istri tercinta Sri Lestari Handayani yang telah mendampingi dan selalu mendukung sampai saat ini dan seterusnya, juga kepada putra kami Ardian Dominggo Wiryosukarno.

Akhir kata disadari bahwa jabatan Guru Besar yang diberikan oleh Pemerintah ini bukan saja merupakan kepentingan pribadi tetapi juga kepentingan institusi ITB secara khusus dan Pemerintah secara umum agar memberikan manfaat kepada masyarakat. Oleh sebab itu orasi ilmiah ini merupakan pertanggung jawaban sekaligus janji untuk terus mengembangkan keilmuan yang memberikan manfaat kepada masyarakat, negara RI, dan masyarakat keilmuan itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamko, A., Kadek, T., Kollar, L., Kosa, M., dan Toth, R. (2016): Cluster and discover services in the Smart campus platform for online programming contests. Proceedings of the 6th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2015 - Proceedings, 385–389.
- Aime, M.D., Liroy, A., dan Pomi, P.C. (2011): Automatic (re)configuration of IT systems for dependability. IEEE Transactions on Service Computing, 4(2), 110-124.
- Alahmari, S., Zaluska, E., & De Roure, D. C. (2011). A metrics framework for evaluating SoA service granularity. Proceedings - 2011 IEEE International Conference on Services Computing, SCC 2011, 512–519.
- Alghamdi, A., dan Shetty, S. (2016): Survey toward a smart campus using the internet of things. Proceedings - 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud, FiCloud 2016, 235–239.

- AlSedrani, A., & Touri, A. (2016). WEB SERVICE COMPOSITION PROCESSES: A COMPARATIVE STUDY. International Journal on Web Service Computing (IJWSC), 7(1), 1-21.
- Anthopoulos, L. G. (2017). The Rise of the Smart City. In: Understanding Smart Cities: A Tool for Smart Government or an Industrial Trick. Public Administration and Information Technology, vol 22. Larissa, Greece: Springer, Cham.
- Anthopoulos, L.G., & Vakali, A. (2012). Urban Planning and Smart Cities: Interrelations and Reciprocities. Dalam Á. F. al., The Future Internet. Lecture Notes in Computer Science (hal. 178-189). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Aqlan, F., Al-fandi, L., Ramakrishnan, S., and Saha, C. (2017): A Framework for Selecting and Evaluating Process Improvement Projects Using Simulation and Optimization Techniques, Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference, 3840–3851.
- Arsanjani, A., Ghosh, S., Allam, A., Abdollah, T., Ganapathy, S., dan Holley, K. (2008): SOMA: A method for developing service-oriented solutions. IBM systems Journal, 47(3), 377-396.
- Atif, Y., Mathew, S. S., dan Lakas, A. (2015): Building a smart campus to support ubiquitous learning. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 6(2), 223–238.
- B. Pi, G. Zou, C. Zhong, J. Zhang, H. Yu and A. Matsuo, "Flow Editor: Semantic Web Service Composition Tool," in 2012 IEEE Ninth International Conference on Services Computing, 2012.

- Badinelli, R. D. (2012): Fuzzy modeling of service system engagements. *Service Science*, 4(2), 135–146.
- Bandara, H. M. A. P. K., Jayalath, J. D. C., Rodrigo, A. R. S. P., Bandaranayake, A. U., Maraikar, Z., dan Ragel, R. G. (2016): Smart campus Phase One: Smart Parking Sensor Network. Proceedings of the 1st Manufacturing & Industrial Engineering Symposium, 1-6.
- Baryannis, G., & Plexousakis, D. (2010). Automated Web Service Composition: State of the Art and Research Challenges. Information Systems Laboratory Hellas Institute of Computer Science.
- Beeraladinni, B., Pattebahadur, A., Mulay, S., dan Vaishampayan, V. (2017): Effective street light automation by self-responsive cars for smart transportation. Proceedings - 2nd International Conference on Computing, Communication, Control and Automation, ICCUBEA 2016.
- Bello, D. H., dan Jimenez-Guarin, C. (2015): CAPELA: An active campus platform. 2015 10th Colombian Computing Conference, 10CCC, 400–407.
- Bergvall-kåreborn, B., and Wiberg, M. (2013): User Driven Service Design and Innovation Platforms, 3–7.
- Böhmman, T., Leimeister, J. M., and Möslin, K. (2014): Service Systems Engineering A Field for Future Information Systems Research, *Business & Information Systems Engineering*, 2, 73–79.
- Borenstein, M., Hedges, L. V, Higgins, J. P. T., and Rothstein, H. R. (2009):

Introduction to Metaanalysis (First Edit), A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, UK

- Bouguettaya, A., Singh, M., Huhns, M., Sheng, Q. Z., Dong, H., Yu, Q., Neiat, A. G., Mistry, S., Benatallah, B., Medjahed, B., Ouzzani, M., Casati, F., Liu, X., Wang, H., Georgakopoulos, D., Chen, L., Nepal, S., Malik, Z., Erradi, A., Wang, Y., Blake, B., Dustdar, S., Leymann, F., and Papazoglou, M. (2017): A Service Computing Manifesto: The Next 10 Years, *Communications of the ACM*, 60(4), 64–72.
- Boumahdi, F., Chalal, R., Guendouz, A., and Gasmia, K. (2016): SOA (Formula presented.): a new way to design the decision in SOA-based on the new standard Decision Model and Notation (DMN), *Service Oriented Computing and Applications*, 10(1), 35–53. <https://doi.org/10.1007/s11761-014-0162-x>
- Cavalcante, E., Cacho, N., Lopes, F., & Batista, T. (2017). Challenges to the Development of Smart City Systems: A System-of-Systems View. Proceedings of the 31st Brazilian Symposium on Software Engineering (hal. 244-249). Fortaleza, CE, Brazil: The Association for Computing Machinery.
- Clever, S., Crago, T., Polka, A., Al-Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2018). Ethical Analyses of Smart City Applications. *Urban Science*, 96.
- Clohessy, T., Acton, T., & Morgan, L. (2014). Trevor Clohessy ; Thomas Acton ; Lorraine Morgan. 2014 IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing (hal. Smart City as a Service (SCaaS): A Future Roadmap for E-Government Smart City Cloud Computing

- Initiatives). London, UK: IEEE.
- Cai, G., Gao, J., and Hu, B. (2006): Computing System Development, *Proceedings of the 2006 IEEE Asia-Pacific Conference on Services Computing (APSCC'06)*, 1-8.
- Chang, V., Kuo, Y. H., & Ramachandran, M. (2016). Cloud computing adoption framework: A security framework for business clouds. *Future Generation Computer Systems*, 57, 24-41. <https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.031>
- Chen, Y., and Lin, C. (2015): Energy Efficient Scheduling and Management for Large-Scale Services Computing Systems, *IEEE Transactions on Services Computing*, 1374(3), 1-13. <https://doi.org/10.1109/TSC.2015.2444845>
- Chen, X. (2018): Blockchain challenges and opportunities: a survey Zibin Zheng and Shaoan Xie Hong-Ning Dai Huaimin Wang, *Int. J. Web and Grid Services*, 14(4), 352–375.
- Deng, S., Wu, H., Hu, D., and Zhao, J. L. (2016): Service Selection for Composition with QoS Correlations, *IEEE Transactions on Services Computing*, 9(2), 291–303. <https://doi.org/10.1109/TSC.2014.2361138>
- Eisele, S. (2017): RIAPS: Resilient Information Architecture Platform for Decentralized Smart Systems, *2017 IEEE 20th International Symposium on Real-Time Distributed Computing*, 125–132. <https://doi.org/10.1109/ISORC.2017.22>
- Elhag, A. A. M., and Mohamad, R. (2014): Metrics for evaluating the quality

of service-oriented design, *2014 8th Malaysian Software Engineering Conference, MySEC 2014*, (September), 154–159. <https://doi.org/10.1109/MySec.2014.6986006>

- Elhag, A. A. M., and Mohamad, R. (2015): Service-oriented design measurement and theoretical validation, *Jurnal Teknologi*, 77(9), 1–14. <https://doi.org/10.11113/jt.v77.6181>
- Elhag, A. A. M., Mohamad, R., Aziz, M. W., and Zeshan, F. (2015): A systematic composite service design modeling method using graph-based theory, *PLoS ONE*, 10(4), 1-26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123086>
- Erl, T. (2017): *Service-Oriented Architecture: Analysis and Design for Services and Microservices* (Second Edi) (G. Wiegand, Ed.), Prentice Hall, United States of America.
- Fatahi, O., and Houshmand, M. (2013): Robotics and Computer-Integrated Manufacturing A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 29(1), 110–127. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.07.009>
- Fazio, M., Puliafito, A., & Villari, M. (2014). IoT4S: a new architecture to exploit sensing capabilities in smart cities. *International Journal of Web and Grid Services*, 114-138 .
- Foth, M., Brynskov, M., & Ojala, T. (2015). Citizen's Right to the Digital City.

- Singapore: Springer, Singapore.
- Gebayew, C., I. R. Hardini, G. Henry, A. Panjaitan, and N. B. Kurniawan, "A Systematic Literature Review on Digital transformation," ICITSI2018, pp. 1–6, 2018
- Georgakopoulos, D., & Jayaraman, P. P. (2016). Internet of things: from internet scale sensing to smart services. *Computing*, 98(10), 1041–1058. <https://doi.org/10.1007/s00607-016-0510-0>
- Glushko, R. J., and Nomorosa, K. J. (2013): Substituting Information for Interaction: A Framework for Personalization in Service Encounters and Service Systems, *Journal of Service Research*, 16(1), 21–38. <https://doi.org/10.1177/1094670512463967>
- Gu, Q., Amsterdam, V. U., Lago, P., and Amsterdam, V. U. (2007): A Model for exploring the Service-oriented Software Engineering (SOSE) challenges A Model for exploring the Service-oriented Software Engineering (SOSE) challenges, (May 2014).
- Gu, Q., and Lago, P. (2009): Exploring service-oriented system engineering challenges: A systematic literature review, *Service Oriented Computing and Applications*, 3(3), 171–188. <https://doi.org/10.1007/s11761-009-0046-7>
- Gu, Q., and Lago, P. (2011): Guiding the selection of service-oriented software engineering methodologies, *Service Oriented Computing and Applications*, 5(4), 203–223. <https://doi.org/10.1007/s11761-011-0080-0>
- Guardia, G. D. A., Pires, L. F., Silva, E. G., Cléver, R. G., and Guardia, G. D.

- A. (2017): SemanticSCo: a Platform to Support the Semantic Composition of Services for Gene Expression Analysis, *Journal of Biomedical Informatics*. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.12.014>
- Haile, N., and Altmann, J. (2017): Evaluating investments in portability and interoperability between software service platforms, *Future Generation Computer Systems*, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.04.040>
- Hashmi, K., AlJafar, H., Malik, Z., & Alhosban, A. (2016). A bat algorithm based approach of QoS optimization for long term business pattern. 7th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS).
- Huang, J., Lin, C., Kong, X., Wei, B., and Shen, X. (2014): Modeling and analysis of dependability attributes for services computing systems, *IEEE Transactions on Services Computing*, 7(4), 599–613. <https://doi.org/10.1109/TSC.2013.8>
- Huang, J., Lin, C., Kong, X., and Zhu, Y. (2011): Modeling and analysis of dependability attributes of service computing systems, *2011 IEEE International Conference on Services Computing, SCC 2011*, 184–191. <https://doi.org/10.1109/SCC.2011.88>
- H.-y. Paik, A. L. Lemos, M. C. Barukh, B. Benatallah and A. Natarajan, *Web Service Implementation and Composition Techniques*, Springer, 2017.
- Jayaraman, P. P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., & Zaslavsky, A. (2016). *Internet of Things Platform for Smart Farming*:

Experiences and Lessons Learnt. sensors.

- Jemima, D. D., & Karpagam, G. R. (2016). Conceptual framework for Semantic Web service Composition. 2016 FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT TRENDS IN INFORMATION TECHNOLOGY.
- J. Rao, P. Kungas and M. Matskin, "Logic-based Web services composition: from service description to process model," in 2004 IEEE International Conference on Web Services, 2004.
- K. Fujii and T. Suda, "Dynamic service composition using semantic information," in 2nd international conference on Service oriented computing, 2004.
- Khadka, R. (2010). An Evaluation of Dynamic Web Service Composition Approaches. 4th International Workshop on Architectures, Concepts and Technologies for Service Oriented Computing - ACT4SOC 2010.
- Kim, T. H., Chang, C. K., and Mitra, S. (2010): Design of service-oriented systems using SODA, *IEEE Transactions on Services Computing*, 3(3), 236–249. <https://doi.org/10.1109/TSC.2010.2>
- Kiran, M., Armstrong, D. J., and Djemame, K. (2011): Towards a Service Lifecycle based Methodology for Risk Assessment in Cloud Computing, *IEEE Ninth International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing*, 450–457. <https://doi.org/10.1109/DASC.2011.89>
- Kuhn, Thomas, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago:

University of Chicago Press, 1962.

- Kurniawan, N. B., Bandung, Y., and Yustianto, P. (n.d.): Services Computing Systems Engineering Framework: A Proposition and Evaluation through An Analysis Model.
- Kurniawan, N. B., Suhardi, Arman, A. A., Bandung, Y., and Yustianto, P. (2019): A reference model of services computing systems platform based on meta-analysis technique, *Service Oriented Computing and Applications*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11761-018-00253-7>
- Kyoungmin Kim, Youngin You, "DDoS Mitigation: Decentralized CDN Using Private Blockchain", 2018 Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), IEEE, 2018
- Lemos, A. L., Daniel, F., & Benatallah, B. (2016). Web Service Composition: A Survey of Techniques and Tools. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 46(3).
- Li, Y., Chen, H., Zheng, X., Tsai, C., Chen, J., and Shah, N. (2011): Expert Systems with Applications A service-oriented travel portal and engineering platform q, *Expert Systems With Applications*, 38(2), 1213–1222. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.05.014>
- Liu, C., Cao, J., & Wang, J. (2017). A Reliable and Efficient Distributed Service Composition Approach in Pervasive Environments. *IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING*, 16(5), 1231-1245.
- Liu, X., & Liu, H. (2012). Automatic Abstract Service Generation from Web Service Communities. 2012 IEEE 19th International Conference on

Web Services.

M.-P.-Papazoglou, P.-Traverso, S.-Dustdar, and F.-Leymann (2008): Service-oriented computing: A research roadmap, *International Journal of Cooperative Information Systems*, 17(2), 223-255.

Mandal, A. K., and Sarkar, A. (2016): Service Oriented System design: Domain Specific Model based approach, *Computer and Information Sciences (ICCOINS), 2016 3rd International Conference on*, 489-494.

Mell, P., & Grance, T. (2011). Certificate of registration - dried milk, why & whey protein. National Institute of Standard And Technology. <https://doi.org/10.1136/emj.2010.096966>

Moon, S. K., Simpson, T. W., Cui, L., and Kumara, S. R. T. (2010): A Service based Platform Design Method for Customized Products, *CIRP IPS2 Conference 2010*, 3–10.

Nakhuva, B., & Champaneria, T. (2015). Study of Various Internet Of Things Platforms. *International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSSES)*, 61-74.

Newman, S. (2015): *Building Microservices* (Second) (M. Loukides and B. MacDonald, Eds.), O'Reilly Media, Sebastopol, CA.

Pankowska, M. (2017). Enterprise Architecture Context Analysis Proposal. Dalam J. Goluchowski, M. Pankowska, H. Linger, C. Barry, M. Lang, & C. Schneider, *Complexity in Information Systems Development* (hal. 117-134). Springer, Cham.

Paoli, F. D. (2018). Challenges in Services Research: A Software

Architecture Perspective. In *Communications in Computer and Information Science*, vol 707 (pp.219-227). Springer, Cham.

Pathathai, N.-L., Fauvet, M.-C., & Lbath, A. (2014). Toward a framework for automated service composition and execution. *IEEE 2014 8th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA)*. Dhaka.

Paul, A., and Jacob, J. (2017): Service Oriented Software Engineering: the new era of Software Engineering, *International Journal of Computer and Communication System Engineering (IJCCSE)*, 3(3), 110–115.

Pflügler, C., Schrieck, M., Hernandez, G., and Wiesche, M. (2016): A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city, *Transportation Research Procedia*, 19(June), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.080>

Primartha, Rifkie., (2018), *Belajar Machine Learning Teori dan Praktik*, Informatika, Bandung

Polianytsia, A., Starkova, O., & Herasymenko, K. (2016). Survey of Hardware IoT platforms. *Third International Scientific-Practical Conference* (pp. 152-153). 152-153: IEEE.

Ray, P. P. (2016). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>

Rau, P., & Patrick. (2015). Cross-Cultural Design Methods, Practice and Impact. Dalam C. G. Kirwan, *Defining the Middle Ground: A*

- Comprehensive Approach to the Planning, Design and Implementation of Smart City Operating Systems (hal. 316-327). Los Angeles: Springer.
- Reisig, W. (2018). Towards a conceptual foundation of service composition. *Computer Science - Research and Development*, 33(3), 281-289.
- Rodriguez-martinez, L. C., Duran-limon, H. A., Mora, M., and Rodriguez, F. A. (2018): SOCA-DSEM: a Well-Structured SOCA Development Systems Engineering Methodology, *Computer Science and Information Systems*, 16(1), 19-44.
- Sahoo, B., & Bhuyan, P. (2016). A SELECTION APPROACH IN SERVICE COMPOSITION OF SOA. 2016 Fifth International Conference On Recent Trends In Information Technology. Saud University - Computer and Information Sciences, 30(3), 291-319. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>
- Sarjoughian, H., Kim, S., Ramaswamy, M., and Yau, S. (2008): A Simulation Framework for Service-Oriented Computing Systems, *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, 845-853.
- Schallmo, D. R. A., and C. A. Williams, Digital transformation Now! Guiding the Successful Digitalization of Your Business Model. 2018
- Sheng, Q. Z., Qiao, X., Vasilakos, A. V., Szabo, C., Bourne, S., & Xu, X. (2014). Web services composition: A decade's overview. *Information Sciences*, 280, 218-238.

- Sindhgatta, R., Sengupta, B., and Ponnalagu, K. (2009): Measuring the Quality of Service Oriented Design, 485-499 in L. Baresi, C.-H. Chi, and J. Suzuki, eds., *ICSOC-ServiceWave 2009*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, retrieved from internet: h
- Singh, M. P., & Huhns, M. N. (2005). *Service-Oriented Computing: Semantics, Processes, Agents*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Sivasubramanian, S. P., Ilavarasan, E., & Vadivelou, G. (2009). Dynamic Web Service Composition: Challenges and Techniques. IAMA 2009.
- S. Saifipoor, B. T. Ladani and N. Nematbakhsh, "A Dynamic Reconfigurable Web Service Composition Framework Using Reo Coordination Language," in Fifth European Conference on Web Services, 2007.
- S. Suria Sumantri, Jujun. 1998. *Filsafat Ilmu*. Jakarta: Dikdasmen
- Soetrisno dan Rita Hanafie. 2007. *Filsafat Ilmu dan Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: CV Andi Offset
- Spohrer, J., Maglio, P. P., Bailey, J., and Gruhl, D. (2007): Steps toward a science of service systems, *Computer*, 40(1), 71-77. <https://doi.org/10.1109/MC.2007.33>
- Sandoval-Almazán, R., Luna-Reyes, L., Luna-Reyes, D., Gil-Garcia, J., Puro-Cid, G., & Picazo-Vela, S. (2017). Developing a Digital Government Strategy for Public Value Creation. Dalam *Building Digital Government Strategies*. Public Administration and Information Technology (hal. 7-20). Springer, Cham.

Santana, E. F., Chaves, A. P., Gerosa, M. A., Kon, F., & Milojevic, S. D. (2018). Software Platforms for Smart Cities: Concepts, Requirements, Challenges, and a Unified Reference Architecture. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 50(6).

Shinde, S., Kimbahune, S., Singh, D., Deshpande, V., Piplani, D., and Srinivasan, K. (2014) "MKRISHI BAIF: Digital transformation in livestock services," in *ACM International Conference Proceeding Series*.

Skilton, M. (2016). *Building Digital Ecosystem Architecture*. New York: PALGRAVE MACMILLAN.

Sobczak, A. (2017). Enterprise Architecture-Based Model of Management for Smart Cities. Dalam B. H. Brdulak A., *Happy City - How to Plan and Create the Best Livable Area for the People*. EcoProduction (Environmental Issues in Logistics and Manufacturing) (hal. 35-47). Springer, Cham.

Solaimani, S., Bouwman, H., & Itälä, T. (2015). Networked enterprise business model alignment: A case study on smart living. *Information Systems Frontiers*, 871-887.

Štěpánek, P., Ge, M., & Walletzký, L. (2017). IT-Enabled Digital Service Design Principles - Lessons Learned from Digital Cities. European, Mediterranean, and Middle Eastern Conference on Information Systems (hal. 186-196). Coimbra, Portugal: Springer.

Strasser, M., Mauser, D., & Albayrak, S. (2016). Mitigating traffic problems by integrating smart parking solutions into an interconnected

ecosystem. 2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC). Messina, Italy: IEEE.

Stoshikj, M., Kryvinska, N., and Strauss, C. (2016): Service Systems and Service Innovation: Two Pillars of Service Science, *Procedia Computer Science*, 83(Ant), 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.04.118>

Suhardi, Kurniawan, N. B., Pramana, M. I. W., and Sembiring, J. (2017): Developing A Framework for Services Computing Systems Engineering, *14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2017)*, 1–6.

Suhardi, Kurniawan, N. B., and Sembiring, J. (2017): Service Computing System Engineering Life Cycle, *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 1–6.

Suhardi, N. B. Kurniawan, "Komputasi Layanan dan Sistem Komputasi Layanan", ITB Press, 2018

Suyanto (2018), *Machine Learning Tingkat Dasar dan Lanjut*, Informatika, Bandung

Venkatesh, V., and Davis, F. D. (1996): A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test, *Decision Sciences*, 27(3), 451–481.

Wan, J., Yi, M., Li, D. I., Zhang, C., Wang, S., and Zhou, K. (2017): Mobile Services for Customization Manufacturing Systems: An Example of Industry 4.0, *IEEE Access*, 8977–8986.

Wang, Q., Lai, F., and Zhao, X. (2008): The impact of information

- technology on the financial performance of third-party logistics firms in China, *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(2), 138–150. <https://doi.org/10.1108/13598540810860976>
- Wang, S., Li, L., and Jones, J. D. (2014): Systemic thinking on services science, management and engineering: Applications and challenges in services systems research, *IEEE Systems Journal*, 8(3), 803–820. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2013.2260622>
- Weng, Y., Guo, P., and Jia, X. (2016): A Smart Service Computing Platform Helping Users Constructing and Combining their Own Web Services, *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 9(6), 35–44.
- Westerman, G., C. Calm ejane, D. Bonnet, P. Ferraris, and A. McAfee, “Digital transformation: A Road-Map for Billion-Dollar Organizations,” Capgemini Consult. MIT Sloan Manag., pp. 1–68, 2011.
- Wu, Z., Deng, S., and Wu, J. (2015): *Service Computing Concepts, Methods and Technology*, Elsevier Inc., Waltham, MA, 1.
- Ye, D., He, Q., Wang, Y., and Yang, Y. (2016): An Agent-based Integrated Self-evolving Service Composition Approach in Networked Environments, *IEEE Transactions on Services Computing*, 1374(1), 1–14. <https://doi.org/10.1109/TSC.2016.2631598>
- Yu, Q., Liu, X., Bouguettaya, A., and Medjahed, B. (2008): Deploying and managing Web services: Issues, solutions, and directions, *VLDB Journal*, 17(3), 537–572. <https://doi.org/10.1007/s00778-006-0020-3>
- Y. Han, H. Geng, H. Li, J. Xiong, G. Li, B. Holtkamp, R. Gartmann, R. Wagner and N. Weissenberg, "VINCA – A Visual and Personalized Business-Level Composition Language for Chaining Web-Based Services," in ICSOC 2003, 2003.
- Zantalis, F., Koulouras, G., Karabetsos, S., & Kandris, D. (2019). A Review of Machine Learning and IoT in Smart Transportation. *Future Internet*, 11(MI), 1–23. <https://doi.org/10.3390/fi11040094>
- Zatyko, Ken., “Commentary: Defining Digital Forensics”. *Forensics Magazine*. 02 January 2007.
- Zdravkovic, M., Trajanovic, M., Sarraipa, J., Jardim-gonalves, R., Lezoche, M., Aubry, A., & Panetto, H. (2016). Survey of Internet-of-Things platforms. 6th International Conference on Information Society and Technology, ICIST 2016, (pp. 216-220). Kopaonik.
- Zhang, L., and Cai, H. (2007): Service HyperChain Architecture of Web X. o and A Case Study, *IEEE International Conference on Web Services (ICWS 2007)*, 1–8.
- Zhang, L., and Chang, C. K. (2008): Towards Services Computing Curriculum, *IEEE Congress on Services - Part 1*, 23–32. <https://doi.org/10.1109/SERVICES-1.2008.107>
- Zhang, L. J. (2008): EIC editorial: Introduction to the body of knowledge areas of services computing, *IEEE Transactions on Services Computing*, 1(2), 62–74. <https://doi.org/10.1109/TSC.2008.15>
- Zhang, L., Zhang, J., and Cai, H. (2007): *Services Computing*, Springer US,

New York.

Zhao, J. L., Tanniru, M., and Zhang, L. (2007): Services computing as the foundation of enterprise agility: Overview of recent advances and introduction to the special issue, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10796-007-9023-x>

Zhu, Y. Q., & Zuo, J. (2013). Research on System Development of Smart City. *Advanced Materials Research*, 3054-3059.

Zhu, Y., & Zuo, J. (2014). Research on System Development of Smart City. Switzerland: Trans Tech Publications.

CURRICULUM VITAE



Nama : **SUHARDI**

Tmpt. & tgl. lhr. : Surakarta, 11 Desember 1963

Alamat Kantor : Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Jl. Ganesa 10 Bandung

Nama Istri : Sri Lestari Handayani

Nama Anak : Ardian Dominggo Wiryosukarno

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- Doktor der Ingenieure (Dr.-Ing.) Faculty of Electrical Engineering – Technical University of Berlin, Germany, 1997
- Magister Teknik (Elektro), Program Pascasarjana, ITB, 1992
- Sarjana Strata 1, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri ITB, 1988

II. RIWAYAT PEKERJAAN

- Anggota Kelompok Keilmuan Teknologi Informasi (KKTII), Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI), ITB
- Anggota Senat STEI 2013 – 2018 dan Anggota Senat Akademik ITB 2014 – 2018
- Kepala Divisi Manajemen Kekayaan Intelektual dan Hukum, Lembaga Pengembangan Inovasi dan Kewirausahaan, ITB, 2014 - Sekarang.

III. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

- Guru Besar - 1 Agustus 2018
- Lektor Kepala - 1 Oktober 2008
- Lektor - 24 Maret 2001
- Asisten Ahli - 30 November 1996
- Asisten Ahli Madya - 12 Juni 1991

IV. HIBAH PENELITIAN DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

- Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) Tahun 2018: **Testbed Platform Smart Campus untuk Peningkatan Utilitas SmartCard dan Reader tingkat Universitas** di ITB
- Inovasi Industri Tahun 2018: **Implementasi Penggunaan Smartcard pada Platform Smart Campus**, dengan Studi Kasus di Universitas Riau
- Penelitian dalam topik **Pengembangan DarkWeb Crawler dan Analisis & Pengembangan Malware** dalam rangka Kerja Sama Penelitian BIN – ITB Tahun 2018
- Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) Tahun 2017: **Implementasi Secure and Forensic Ready Transaction Network** di ITB
- Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) Tahun 2016: **Secure and Ready Forensic Transaction Network.**

V. KARYA DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

PATEN

Patent terdaftar nomor P00201902966 tanggal 9 April 2019: **Perangkat**

dan Metode Untuk Menentukan Kebutuhan Nutrisi Pada Tanaman (Bagian dari Sistem Layanan Monitoring Kebutuhan Nutrisi Tanaman Memanfaatkan Teknologi Drone).

BUKU

- Prof. Dr.-Ing. Ir. Suhardi, S.H., M.H., Hemasari Dharmabumi, S.H., M.H., Novianto Budi Kurniawan, S.ST., M.T.(Editor); *Menjawab Tantangan Hukum Pengembangan Industri Berbasis Internet of Things (IoT)*, Seri Hukum Inovasi dan Teknologi, Lembaga Pengembangan Inovasi dan Kewirausahaan ITB, Penerbit ITB Press, 2018, ISBN: 978-602-0705-18-7
- Suhardi dan Novianto Budi Kurniawan, *Komputasi Layanan dan Sistem Komputasi Layanan*, Penerbit ITB Press, Bandung, 2018, ISBN: 978-602-5417-65-8

PUBLIKASI ILMIAH JURNAL INTERNASIONAL BEREPUTASI DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

- Novianto Budi Kurniawan, Suhardi, Yoanes Bandung, Yuli Adam Prasetyo, Purnomo Yustianto. (2019). Evaluating Service Computing Systems Engineering Framework Using an Acceptance Model; International Journal on Advance Science, Engineering and Information Technology, Vol. 9, No.3, pages 1079-1085, ISSN: 2088-5334.
- Kurniawan, N. B., Suhardi, Arman, A. A., Bandung, Y., & Yustianto, P. (2019). A reference model of services computing systems platform based on meta-analysis technique. Service Oriented Computing and Applications, 13(1), 31-49.

- Yustianto, P., Doss, R., & Suhardi, (2019). A unifying structure of metamodel landscape. *Journal of Modelling in Management*, 14(1), 134-152.
- Abdurrahman, L., Suhardi, Langi, A. Z. R., & Simatupang, T. M. (2018). Information technology value model and its optimal application in IT-based firms. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation*, 8(4), 331-350.
- Abdurrahman, L., Suhardi, & Langi, A. Z. R. (2016). Valuation methodology of information technology (IT) value in the IT-based business: A case study at a leading telecommunication company. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, 8(4), 864-884.
- Abdurrahman, L., Suhardi, & Langi, A. Z. R. (2016). Engineering information technology value in IT-based industries using partial adjustment valuation and resource-based view approach. *International Journal of Information and Communication Technology*, 8(4), 420-435.
- Suhardi, Doss, R., & Yustianto, P. (2015). Service engineering based on service oriented architecture methodology. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 13(4), 1466-1477.
- Suhardi, Sofia, A., & Andriyanto, A. (2015). Evaluating e-government and good governance correlation. *Journal of ICT Research and Applications*, 9(3), 236-262.
- Suhardi, Suakanto, S., & Hutagalung, M. (2015). The effects of FTR-HTTP control variables on the performance of internet

integrated sensor networks. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, 7(2), 250-264.

PUBLIKASI ILMIAH PADA PROSIDING SEMINAR INTERNASIONAL

Dalam 5 tahun terakhir telah menulis lebih dari 60 makalah ilmiah pada prosiding seminar internasional terindeks scopus sebagai penulis utama atau penulis pendamping.

VI. SERTIFIKASI

- Sertifikasi Dosen Profesional
- Asesor Sertifikasi Dosen Nasional

VII. KEANGGOTAAN ORGANISASI PROFESI

- Anggota IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

