



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Jaka Sembiring

**SAINS INFORMASI DI ERA
*CYBER PHYSICAL SYSTEMS***

13 Juli 2019
Aula Barat Institut Teknologi Bandung

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

Profesor Jaka Sembiring

**SAINS INFORMASI DI ERA
*CYBER PHYSICAL SYSTEMS***



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: SAINS INFORMASI DI ERA CYBER PHYSICAL SYSTEMS
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

Jaka Sembiring

SAINS INFORMASI DI ERA CYBER PHYSICAL SYSTEMS

Disunting oleh Jaka Sembiring

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2019

vi+42 h., 17,5 x 25 cm

ISBN 978-602-6624-30-7

1. Teknologi Informasi 1. Jaka Sembiring

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah swt. Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, yang atas berkat, rahmat dan perkenan-Nya, kami dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini. Penghargaan dan rasa hormat serta terima kasih yang sebesar-besarnya kami haturkan kepada pimpinan dan anggota Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung, atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menyampaikan orasi ilmiah pada Sidang Terbuka Forum Guru Besar ITB. Orasi ini berisi pandangan kami tentang bagaimana evolusi sains informasi, khususnya terkait dengan informasi enterprise, di dalam konteks terkini era *Cyber Physical Systems (CPS)*.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa sebagaimana amanat PP 155/2000, menjadi kewajiban kami untuk menjunjung tinggi tegaknya integritas moral dan etika profesional sivitas akademika Institut dan kukuhnya keserjanaan di lingkungan Institut. Terbersit harapan kami agar orasi ilmiah ini dapat menjadi sumbangsih kecil dari kami untuk tujuan mulia tersebut.

Semoga tulisan ini dapat memberikan wawasan, dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, 13 Juli 2019

Jaka Sembiring

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
1. PENDAHULUAN	1
2. INFORMASI - ENTERPRISE - <i>CYBER PHYSICAL SYSTEMS</i>	2
2.1. Tata kelola teknologi informasi	3
2.2. Resiko teknologi informasi	9
2.3. Nilai dan reliabilitas informasi	17
2.4. Sains informasi di era <i>Cyber Physical Systems</i>	27
3. PENUTUP	30
4. UCAPAN TERIMA KASIH	31
DAFTAR PUSTAKA	32
CURRICULUM VITAE	35

1. PENDAHULUAN

Sains informasi merupakan bidang inter-disiplin yang berhubungan dengan analisis, pengumpulan, klasifikasi, manipulasi, penyimpanan, *retrieval*, diseminasi dan perlindungan informasi (Jacod & Potter, 2000). Sebagai disiplin ilmu, sains informasi terkait erat dengan bidang teknologi informasi dan sains komputasi. Perjalanan kami menekuni sains informasi berawal dari persinggungan kami dengan bidang probabilitas dan stokastik ketika menjalani program sarjana. Probabilitas adalah keilmuan yang membicarakan ukuran peluang kemungkinan kemunculan suatu kejadian yang sejatinya sudah ada sejak lama, misalnya J. Carden (1501-1576) sudah menyinggung permasalahan *games of change*. Teori probabilitas dengan dasar teori pengukuran yang kuat dikembangkan oleh Kolmogorov (1903-1987), *modern probability* berkembang dengan pemikiran-pemikiran Paul Lévy (1886-1971) (Stock & Stock, 2013). *Modern probability* membawa teori probabilitas ke ranah proses stokastik yang secara sederhana dapat dipandang sebagai keluarga peubah acak sebagai fungsi waktu dan terdefinisi pada sebuah ruang probabilitas tertentu. Saat berkesempatan melanjutkan studi pasca sarjana di Waseda University, Jepang, kami mulai melakukan penelitian yang melihat korelasi antara probabilitas dan stokastik dengan informasi. Pada program magister kami meneliti perilaku probabilitas dan proses stokastik *fractional Brownian*

motion (fBm) pada struktur *dyadic tree* untuk meng-ekstraksi informasi parameter Hurst. Kemudian pada program doktoral kami melanjutkan penelitian tersebut dalam bentuk teori dan aplikasi dari sistem stokastik yang tidak didefinisikan dalam fungsi waktu, tetapi dalam ranah tree melalui disertasi dengan judul "*Multiple Tree Stochastic Process: Theory and Its Applications*". Salah satu aplikasinya adalah penyelesaian inverse problem yaitu upaya untuk mendapatkan informasi secara komprehensif dari suatu kondisi ketika informasi yang tersedia bersifat terbatas atau tidak lengkap.

Sekembalinya ke ITB, kami bergabung dengan Kelompok Keilmuan Teknologi Informasi (KKTi). Dalam pandangan kami, sains informasi, sistem probabilitas dan stokastik merupakan keahlian-keahlian yang dibutuhkan di dalam ranah teknologi informasi. Untuk itu kami melakukan penelitian dan aktifitas dalam bidang sains informasi di ranah teknologi informasi yang didukung oleh fondasi keilmuan teori peluang dan sistem stokastik.

2. INFORMASI - ENTERPRISE - CYBER PHYSICAL SYSTEMS

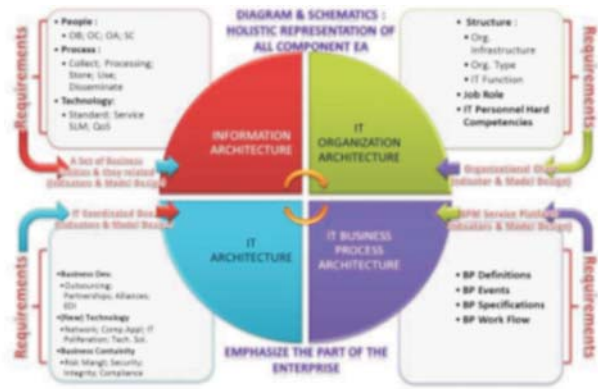
Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, baik dalam keilmuan, rekayasa maupun industri, yang saat ini sering disebut memasuki era *Cyber Physical Systems (CPS)*, kami memandang perlu untuk mengembangkan sains informasi pada konteks perkembangan tersebut (Khaitan & McCalley, 2014). Aktifitas tri dharma dalam bidang

pendidikan, penelitian maupun pengabdian masyarakat yang kami lakukan tidak terlepas dari kerangka tersebut. Melalui penelitian-penelitian yang dilaksanakan, kami memahami bahwa persoalan-persoalan mendasar di dalam teknologi informasi tidak hanya terbatas di ranah teknologi, tetapi lebih pada bagaimana dukungan sains informasi dalam konteks analisis, klasifikasi, manipulasi, dan rekayasa informasi; sehingga teknologi yang dikembangkan dapat berinteraksi dengan *people* dan proses/prosedur di dalam enterprise pada khususnya, dan masyarakat pada umumnya. Pemahaman dan refleksi seperti ini mempengaruhi *road map* penelitian kami. Pada bagian berikut kami sampaikan beberapa hasil penelitian, yang mendasari pengembangan keilmuan kami ke depan.

2.1 Tata kelola teknologi informasi

Tata kelola yang baik menjadi pangkal bagi kesuksesan suatu enterprise. Kami melakukan tinjauan tata kelola ini dari sisi pandang informasi, salah satunya adalah dengan melakukan analisis indikator dan kebutuhan komponen utama pengembangan metodologi *Enterprise Architecture* dengan memanfaatkan *grounded theory*. Di banyak organisasi, mereka menerapkan *Enterprise Architecture (EA)* sebagai bagian dari aktifitas manajemen dan perencanaan teknologi informasi. Dari perspektif mereka, jelas bahwa EA memainkan peran penting di dalam rencana strategis, keselarasan dan prioritas teknologi informasi. Secara umum ada empat kerangka utama EA, yaitu Zachman, Gartner, TOGAF

dan FEA. Namun demikian kita tidak mendapat jaminan bahwa ke-empat kerangka tersebut bisa begitu saja diterapkan untuk suatu organisasi tertentu.

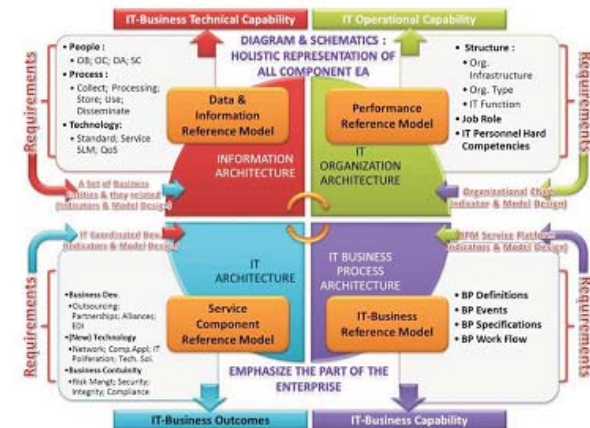


Gambar 1. Komponen utama EA setelah mengalami proses identifikasi stages, understanding, elaborasi basic functions, dan time line



Gambar 2. Nilai teknologi informasi di dalam komponen EA

Untuk itulah kami melakukan penelitian untuk menemukan fungsi-fungsi dasar dan *staging* dalam pengembangan EA untuk memastikan indikator dan kebutuhan seperti apa di dalam komponen utama pengembangan metodologi EA (Sembiring, et al., 2011).

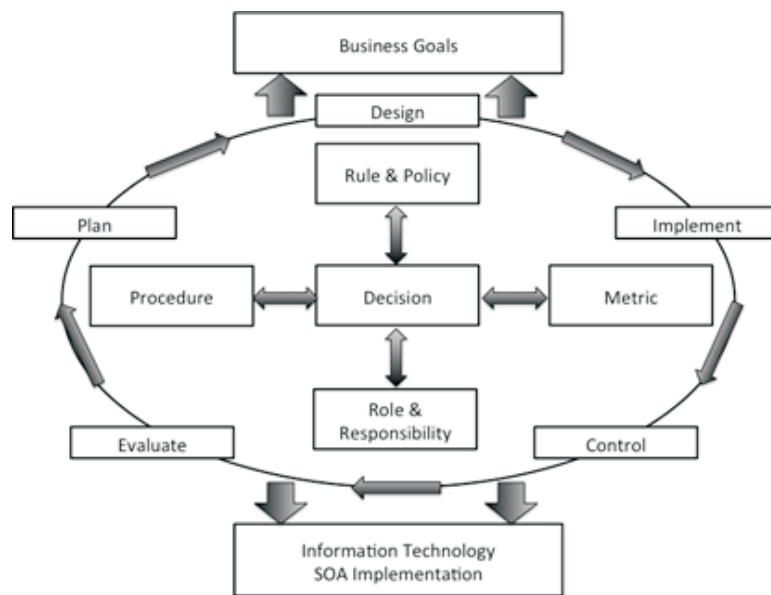


Gambar 3. Model referensi yang didapat untuk setiap komponen EA

Kami menggunakan *grounded theory* sebagai strategi *inquiry*. Proses ini menggunakan pengumpulan data secara *multiple stages*, dilanjutkan dengan *refinement*, dan menemukan inter-relasi dari kategori informasi. Dua karakteristik utama dari metode kami adalah perbandingan konstan antara data dengan kategori yang muncul, dan sampel teoritis dari perspektif yang berbeda, untuk memaksimalkan kemiripan dan perbedaan informasi.

Pada penelitian lain kami melihat bagaimana integrasi tata kelola

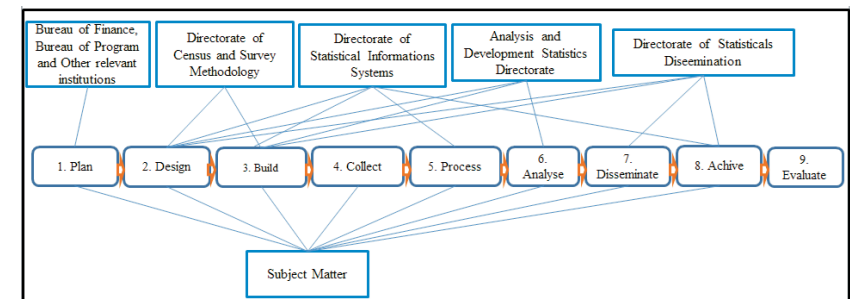
Service Oriented Architecture (SOA) menggunakan ITIL® v3.0. Tata kelola SOA sangat penting bagi perusahaan yang mengimplementasikan SOA agar mendapat manfaat maksimal. Salah satu masalah besar di dalam implementasi SOA adalah ketiadaan tata kelola SOA, sehingga muncul beragam *issue* seperti tidak adanya proses yang sistematis untuk pemanfaatan ulang layanan, tidak adanya panduan untuk menentukan layanan seperti apa yang harus dibuat, tidak adanya sistem untuk memvalidasi *sustainability* dari hasil desain dan implementasi, dan tidak adanya panduan untuk sistem *change management*.



Gambar 4. Usulan model tata kelola SOA terintegrasi yang terdiri dari lima fasa, dengan lima elemen, dan mempertahankan keselarasan antara tujuan bisnis dengan implementasi teknologi informasi dan implementasi SOA

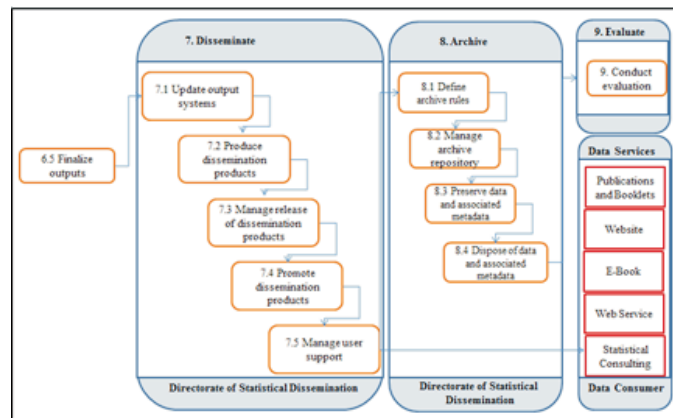
Untuk itulah kami mengusulkan kerangka tata kelola SOA dengan membuat struktur tata kelola SOA berdasar *Information Technology Infrastructure Library* (ITIL®) v3.0 (Sembiring & Susanti, 2015). Kami melakukan deduksi dari lifecycle dan elemen tata kelola SOA untuk mendapatkan struktur baru. Hasilnya adalah sebuah konsep baru tata kelola SOA yang dapat beradaptasi dengan tujuan bisnis dalam kerangka optimasi pemanfaatan ulang layanan untuk *business agility*.

Salah satu contoh implementasi dari tata kelola yang kami lakukan adalah terkait dengan desain pertukaran data dengan format *Statistical Data and Metadata Exchange* (SDMX) untuk interoperabilitas data statistik. Penelitian ini terkait dengan semakin pentingnya kemudahan akses, transparansi dan keterbukaan data khususnya di dalam *Open Government Data* (OGD). Hal ini didorong oleh kebutuhan yang sangat tinggi terhadap data yang dimiliki badan pemerintah. Kami menggunakan format SDMX sebagai dasar pertukaran data.

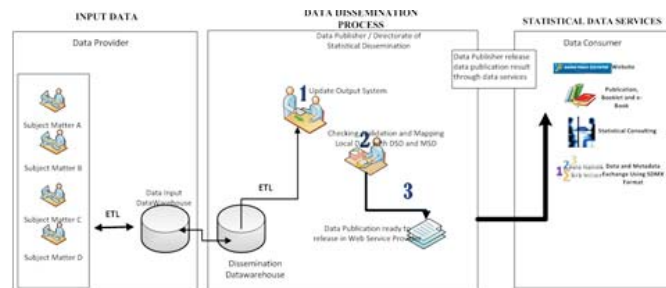


Gambar 5. Usulan aktifitas proses bisnis pada direktorat diseminasi data BPS setelah mengadopsi General Statistic Business Process Model (GSBPM).

Kami mengusulkan (i) kerangka untuk standarisasi struktur model data publikasi statistik (ii) arsitektur desain untuk model pertukaran data dan (iii) implementasi *webservice* pertukaran data dan metadata menggunakan metode *Service Oriented Analysis and Design* (Sembiring & Uluwiyah, 2015).



Gambar 6. Detil proses bisnis diseminasi data yang diturunkan dari GSBPM, untuk mendapatkan kandidat layanan

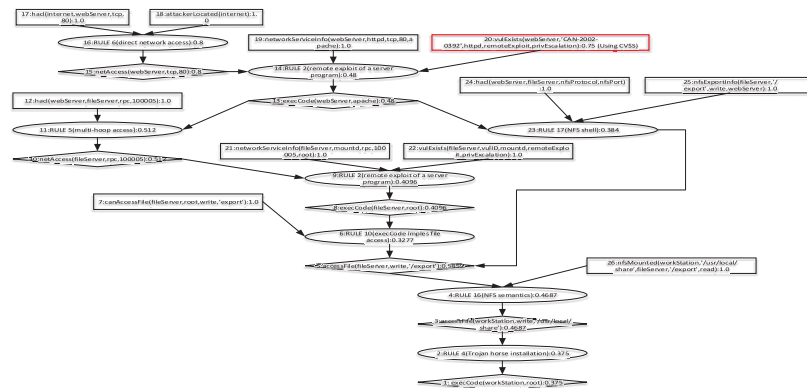


Gambar 7. Usulan arsitektur proses bisnis diseminasi data statistik yang selaras dengan rencana kontekstual BPS ke depan

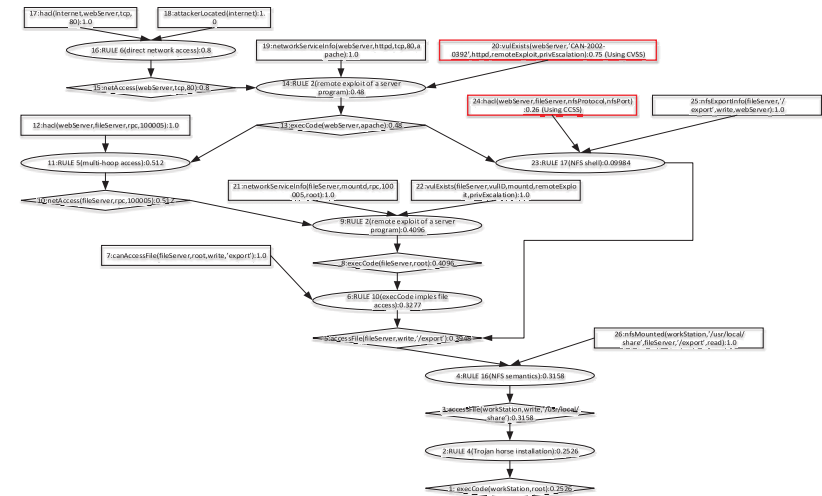
2.2 Resiko teknologi informasi

Tata kelola yang baik selalu tidak lepas dari kemungkinan resiko. Resiko di dalam teknologi informasi mencakup resiko keamanan informasi hingga resiko bisnis. Salah satu yang kami teliti adalah bagaimana analisis resiko keamanan jaringan menggunakan *improved MulVAL Bayesian attack graph*. Penelitian ini mengusulkan suatu peningkatan performansi terhadap kerangka *Multihost Multistage Vulnerability Analysis* (MulVAL). MulVAL merupakan suatu kerangka untuk menghasilkan suatu *attack graph* sebagai alat untuk menganalisis resiko keamanan jaringan komputer. Di dalam kerangka MulVAL, ada anggapan bahwa peluang sukses dari suatu serangan yang mampu mengeksploitasi konfigurasi mesin dan variabel kerentanan adalah 100%, dan variabel kerentanan tidak saling bergantung satu sama lain. Pada kenyataannya setiap mesin memiliki masalah keamanan konfigurasinya sendiri-sendiri, dan kerentanan itu tidak berdiri sendiri. Lebih jauh lagi penelitian di *attack graph* MulVAL biasanya hanya terfokus pada peluang kerentanan, sementara peluang kerentanan di dalam konfigurasi keamanan tidak disentuh. Dalam penelitian kami, ada tiga usulan metode untuk meningkatkan unjuk kerja kerangka MulVAL (Sembiring, et al., 2015). Yang pertama kami menggunakan *Common Vulnerability Scoring System* (CVSS) untuk menghitung peluang variabel kerentanan, dan *Common Configuration Scoring System* (CCSS) untuk menghitung peluang kerentanan konfigurasi keamanan sistem. Pada metode kedua kami

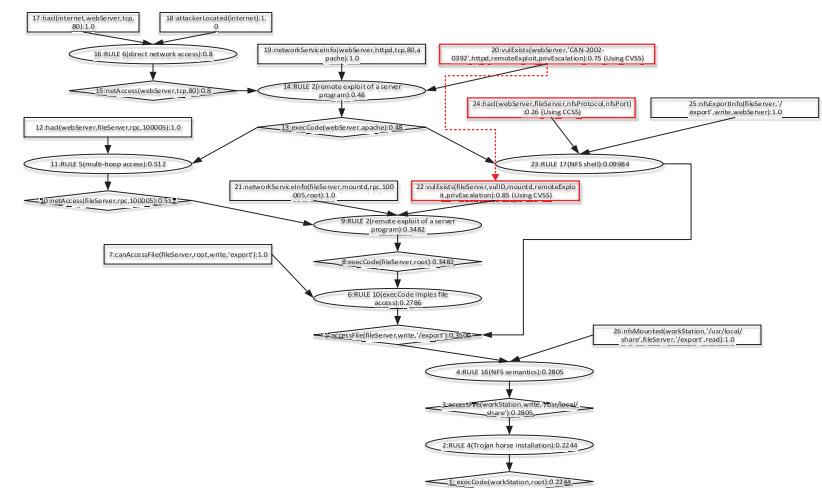
memperkenalkan ketergantungan antar variabel kerentanan dalam kerangka Bayes. Ketiga, kami melakukan analisis tentang bagaimana dampak dari perubahan konfigurasi keamanan sistem terhadap peluang kerentanan di dalam konteks peluang Bayesian. Dari hasil penelitian, melalui pemanfaatan CVSS, CCSS, kebergantungan (*dependency*) antar variabel kerentanan, dan konfigurasi keamanan sistem, kami mendapatkan model yang lebih realistis di dalam kerangka MulVAL sebagai alat analisis resiko.



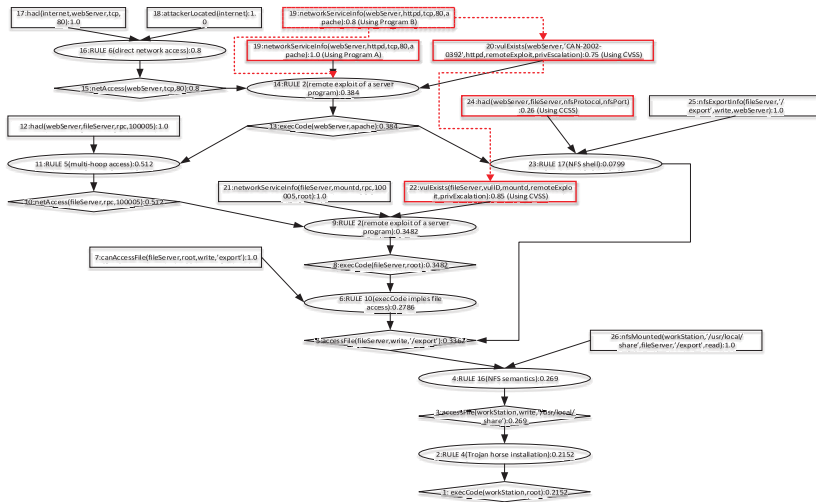
Gambar 8. Attack graph menggunakan metode pertama dengan mengimplementasikan CVSS



Gambar 9. Attack graph menggunakan metode pertama dengan mengimplementasikan CCSS



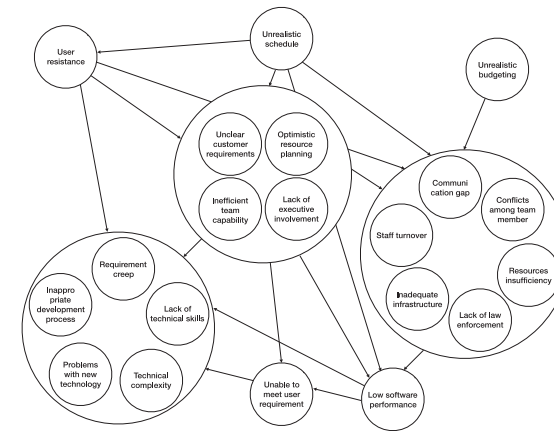
Gambar 10. Attack graph dengan metode ke-dua



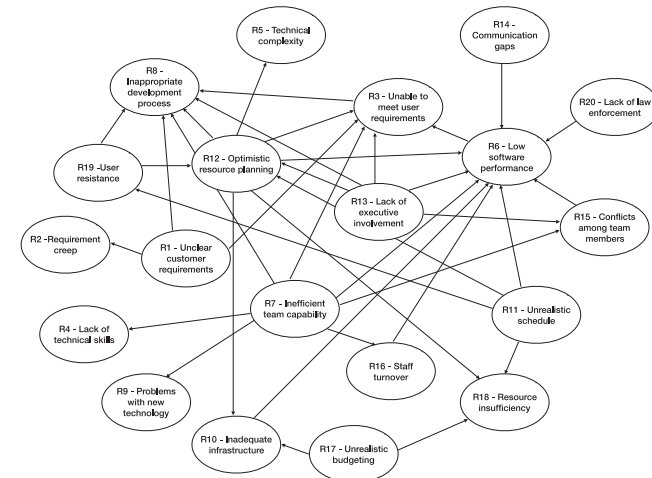
Gambar 11. Attack graph dengan metode ke-tiga

Selain keamanan jaringan, ada resiko lain saat kita mengembangkan aplikasi. Resiko inilah yang coba kami teliti melalui model asesmen resiko pengembangan aplikasi menggunakan *Bayesian network*. Pada penelitian ini, kami mengusulkan suatu model asesmen resiko yang baru, terkait dengan pengembangan aplikasi berdasarkan *Bayesian network* dan prinsip-prinsip resiko pengembangan perangkat lunak dari Boehm (Sembiring, et al., 2018). *Bayesian network* didapat setelah melakukan pemetaan antara 20 resiko utama dalam proyek perangkat lunak dengan *interrelationship digraph* dari kategori area resiko. Peluang resiko pada jaringan tersebut dianalisis dan divalidasi baik melalui simulasi numerik maupun *subjective probability* dari beberapa orang pakar di bidangnya, dan

satu tim pengembang aplikasi. Setelah mendapatkan model jaringan Bayes, keterpaparan resiko dihitung menggunakan prinsip-prinsip resiko Boehm.



Gambar 12. Model keterhubungan berdasarkan kategori area resiko



Gambar 13. Jaringan Bayesian setelah divalidasi

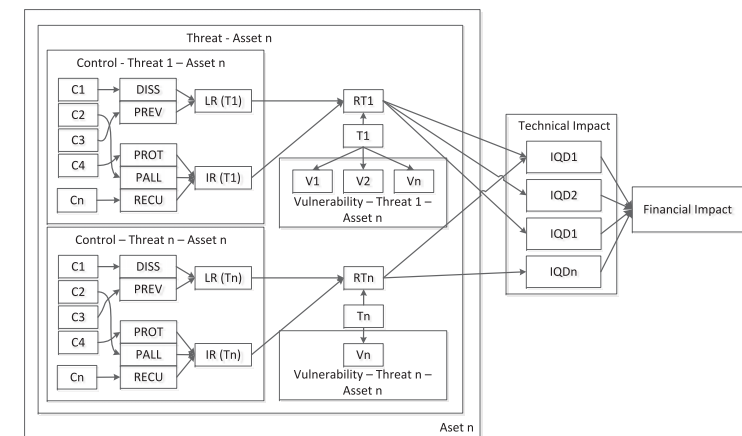
Tabel 1. Hasil implementasi dari model usulan

Probability	Avrg. Value of Probability	Avrg. Value of Exposure Factor	Avrg. Value of Risk Exposure	Risk Level
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
P(R1 R2)	0.73	47	35	M
P(R1 R2,R3)	0.72	47	34	M
P(R1 R2,R3,R8)	0.68	47	32	M
P(R3 R8)	0.49	54	26	M
P(R6 R3)	0.50	52	27	M
P(R7 R3)	0.39	46	17	M
P(R7 R3,R4)	0.48	46	21	M
P(R7 R3,R4,R6)	0.50	46	22	M
P(R7 R3,R4,R6,R8)	0.45	46	20	M
P(R7 R3,R4,R6,R8,R9)	0.51	46	23	M
P(R7 R3,R4,R6,R8,R9,R15)	0.58	46	27	M
P(R7 R3,R4,R6,R8,R9,R15,R16)	0.64	46	30	M
P(R10 R6)	0.51	61	30	M
P(R11 R6)	0.60	37	21	M
P(R11 R6,R12)	0.62	37	22	M
P(R11 R6,R12,R18)	0.63	37	23	M
P(R11 R6,R12,R18,R19)	0.57	37	20	M
P(R12 R3)	0.58	51	29	M
P(R12 R3,R5)	0.65	51	33	M
P(R12 R3,R5,R6)	0.66	51	33	M
P(R12 R3,R5,R6,R8)	0.65	51	33	M
P(R12 R3,R5,R6,R8,R10)	0.67	51	34	M
P(R12 R3,R5,R6,R8,R10,R18)	0.68	51	34	M
P(R13 R3)	0.37	47	18	M
P(R13 R3,R6)	0.39	47	19	M
P(R13 R3,R6,R8)	0.40	47	19	M
P(R13 R3,R6,R8,R12)	0.45	47	22	M
P(R13 R3,R6,R8,R12,R15)	0.46	47	23	M
P(R15 R6)	0.38	55	21	M
P(R16 R6)	0.25	50	12	M
P(R17 R10)	0.39	51	20	M
P(R17 R10,R18)	0.43	51	21	M
P(R19 R8)	0.35	48	17	M
P(R19 R8,R12)	0.27	48	12	M

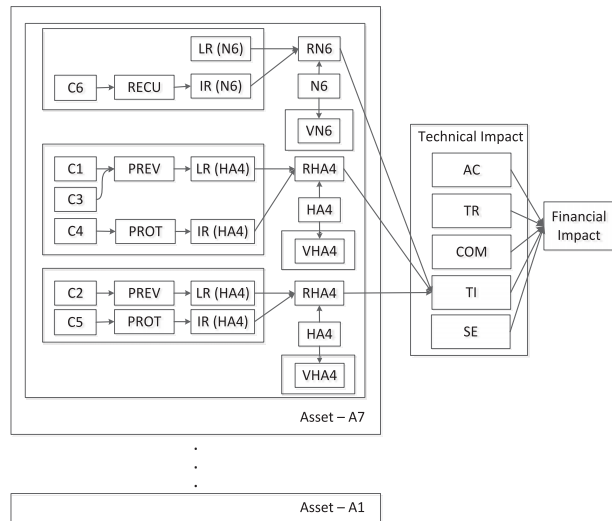
Note: M (Medium Risk Level)

Resiko juga mungkin terjadi saat kita memproduksi informasi yang dibutuhkan. Kami mencoba meneliti resiko produksi informasi ini menggunakan pendekatan *extended risk matrix*. Penelitian kami termotivasi dari banyaknya kasus mengenai rendahnya kualitas informasi yang diakibatkan ketidak efektifan manajemen informasi di dalam

produksi dan *delivery* informasi yang mengakibatkan munculnya resiko. Kami meneruskan penelitian sebelumnya yang secara komprehensif melakukan manajemen resiko informasi secara holistik, dan kami menambahkan aspek-aspek peringkat prioritas resiko dan perhitungan resiko yang baru, dengan mempertimbangkan efektifitas kendali (Sembiring & Wiharni, 2019). Metode yang kami usulkan bertujuan untuk memperbaiki model dampak total resiko, dan untuk meningkatkan ketelitian peringkat prioritas resiko dengan melakukan modifikasi pada metode *Extended Risk Matrix Approach*, yaitu dengan mempertimbangkan efektifitas kendali eksisting.



Gambar 14. Model konseptual



Gambar 15. Model implementasi

Tabel 2. Contoh estimasi threats-control

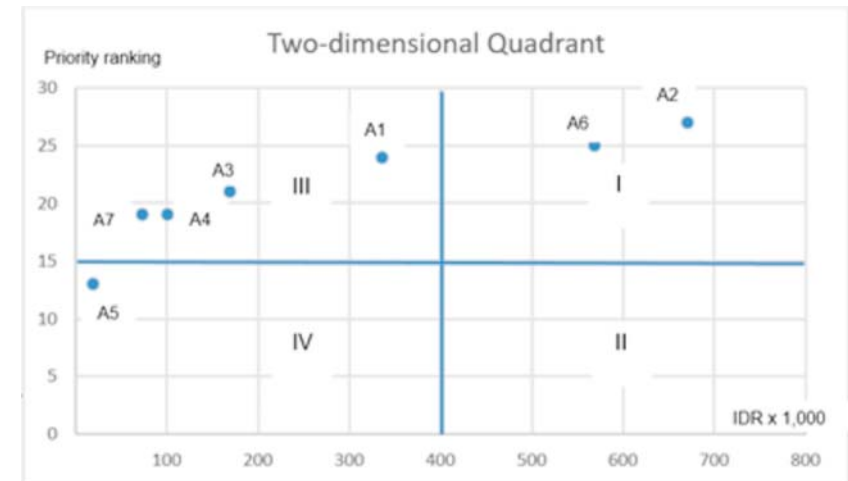
Threats Code	Controls					Vulnerability	Threat						
	Code	Type	Effective ness	Likelihood reducer	Impact reducer		Unreduced Threat		Reduced likelihood of threat		Reduced impact of threat		
				$P(LR_{nt})$	$P(IR_{nt})$		$P(V_{nt})$	L	$P(T_{nt}V_{nt})$	L	$P(RTL_{nt})$	L	$P(RTI_{nt})$
N6	C6	RECU	62,30%	0,00%	24,92%	75,08%	4	20,08%	2	20,08%	2	15,08%	2
HA4	C4	PROT	62,30%	41,53%	12,46%	51,18%	3	52,65%	4	30,78%	3	46,09%	3
	C1	PREV											
	C3	PREV											
HA19	C2	PREV	62,30%	41,53%	9,30%	53,03%	3	27,27%	3	15,95%	2	24,74%	2
	C5	PROT	46,50%										

Tabel 3. Contoh profil resiko keseluruhan

Code	$f_1/25$	$f_2/375$	Recoverability	
			$P(Recl_{nt})$	$P(Recl_{nt})$
N6	32,00%	40,00%	0,00%	24,92%
HA4	36,00%	40,00%	41,53%	12,46%
HA19	28,00%	33,33%	41,53%	9,30%

Tabel 4. Contoh profil resiko asset keseluruhan

Asset Code	Likelihood		Impact		Recoverability				B	L
	P	L	P	L	Likelihood		Impact			
					P	L	P	L		
A1	87,58%	5	93,53%	5	34,22%	4	20,20%	4	24	3
A2	85,73%	5	90,95%	5	42,87%	4	15,64%	5	27	1
A3	77,05%	4	82,10%	5	48,41%	4	22,23%	4	21	4
A4	78,43%	4	83,08%	5	53,40%	3	17,77%	5	19	6
A5	54,52%	3	51,96%	4	32,86%	4	25,04%	4	13	7
A6	86,32%	5	87,95%	5	16,30%	5	20,08%	4	25	2
A7	68,67%	4	76,00%	4	27,69%	4	15,56%	5	19	5

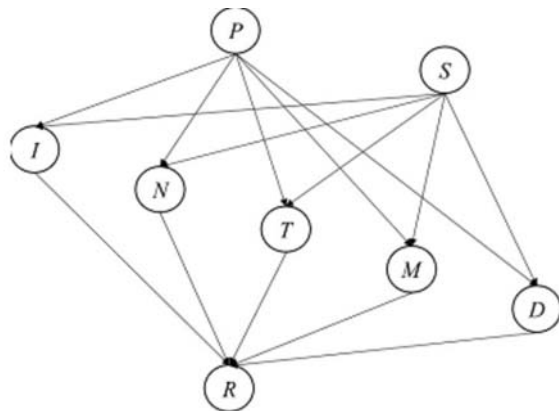


Gambar 16. Relasi aset dalam kuadran dua-dimensi

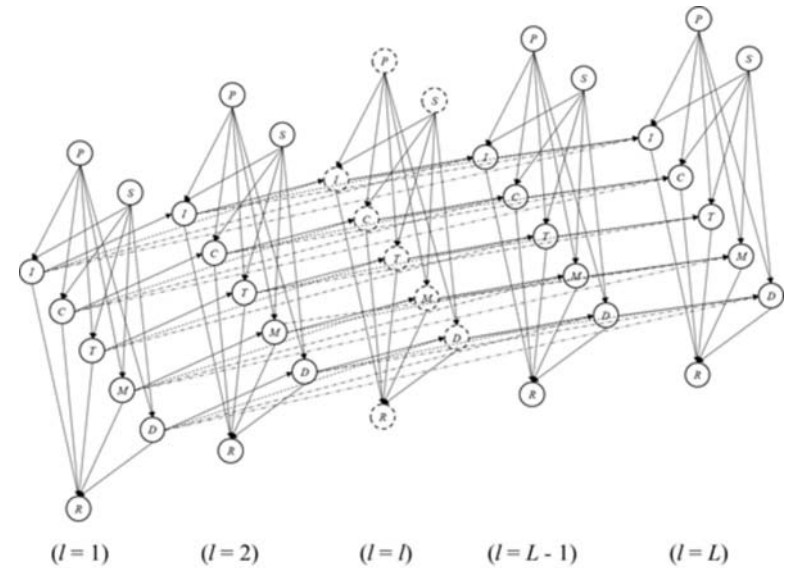
2.3 Nilai dan reliabilitas informasi

Nilai dan reliabilitas informasi selalu menjadi perdebatan, karena sulitnya melakukan penilaian yang objektif. Salah satu upaya kami adalah melakukan pengembangan model reliabilitas informasi organisasi menggunakan *dynamic Bayesian network*. Informasi merupakan sumber

daya yang sangat penting bagi organisasi, oleh karena itu perlu secara terus-menerus dilakukan analisis dan peninjauan berulang-ulang tentang bagaimana informasi menyebar atau mengalir di dalam suatu organisasi, sehingga kita bisa mendapatkan suatu struktur yang efektif untuk meningkatkan fungsi-fungsi dan perilaku organisasi. Melalui penelitian ini, kami mengusulkan model reliabilitas informasi organisasi menggunakan konsep *dynamic Bayesian network* (DBN), dengan memanfaatkan metode analisis jaringan sosial untuk mengukur interaksi organisasi di dalam jaringan dinamik (Rahman, 2017). Kami mengusulkan bahwa aliran informasi di organisasi dapat dimodelkan dengan model transisi DBN, dan reliabilitas informasi dapat diadopsi dari model observasi DBN.



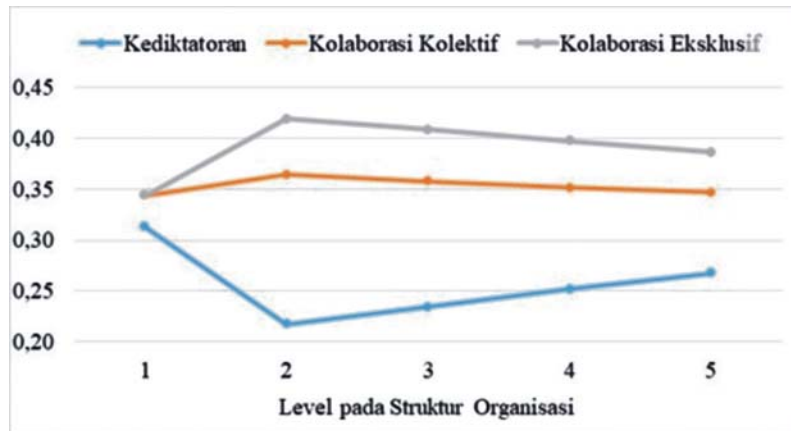
Gambar 17. Model awal struktur Bayesian network untuk reliabilitas informasi organisasi



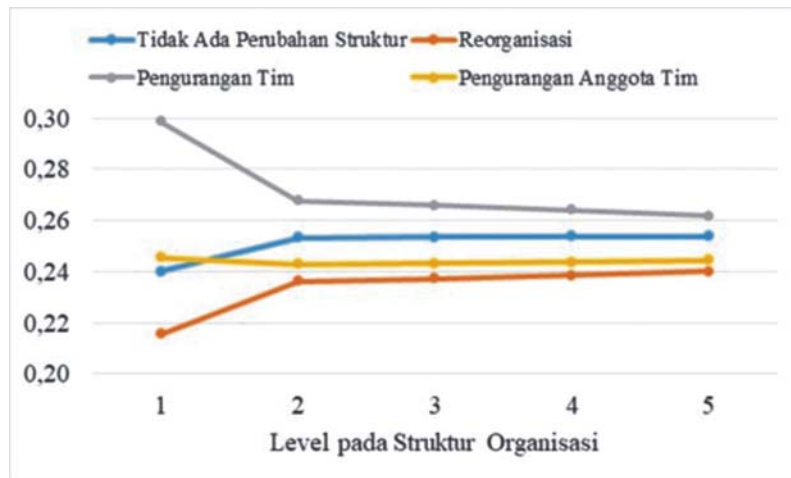
Gambar 18. Penggambaran secara grafis model reliabilitas informasi organisasi



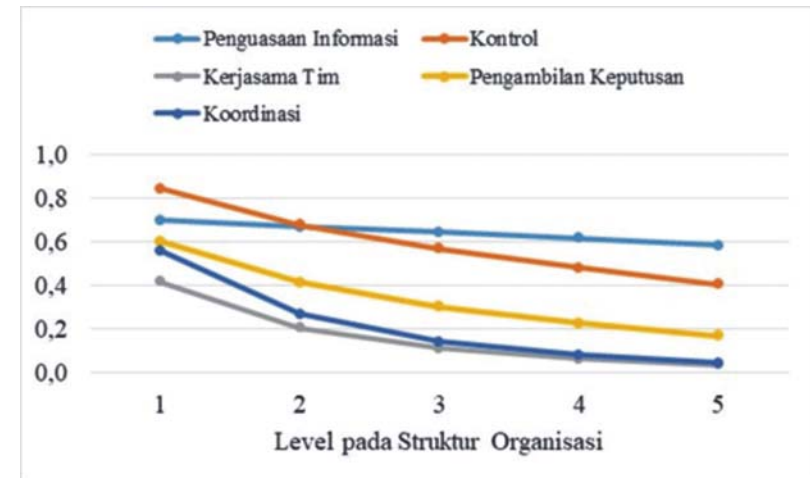
Gambar 19. Reliabilitas informasi organisasi pada level struktur organisasi



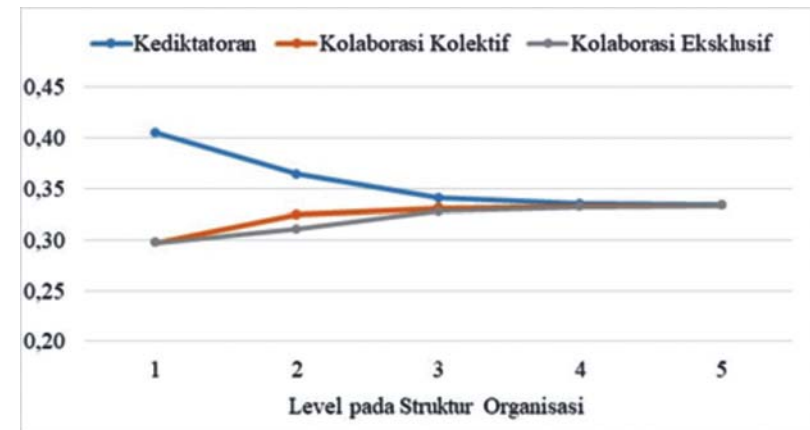
Gambar 20. Peluang jenis topologi penyampaian informasi agar informasi di dalam organisasi selalu reliabel pada setiap level



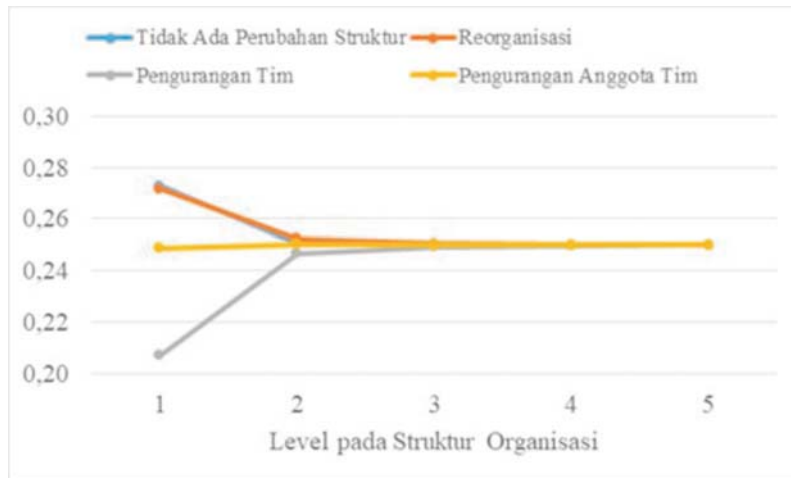
Gambar 21. Peluang jenis perubahan struktur organisasi agar informasi di dalam organisasi selalu reliabel pada setiap level



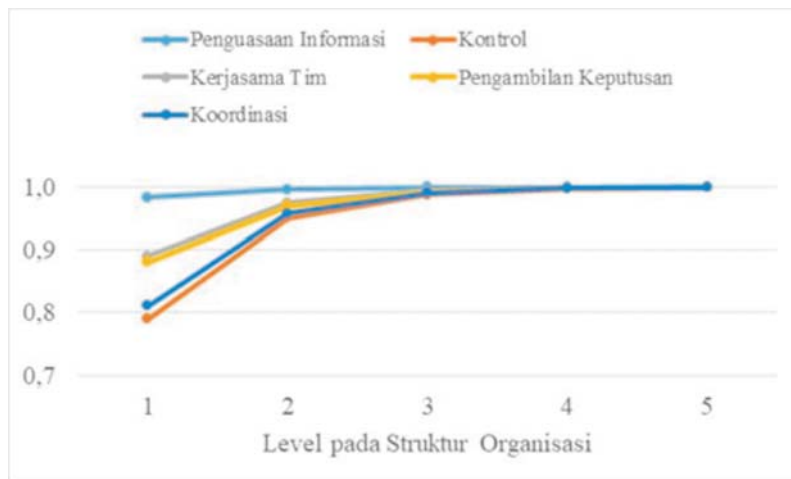
Gambar 22. Peluang atasan sukses dalam hal tertentu agar informasi di dalam organisasi selalu reliabel pada setiap level



Gambar 23. Peluang jenis topologi penyampaian informasi yang menyebabkan informasi di dalam organisasi selalu tidak reliabel pada setiap level

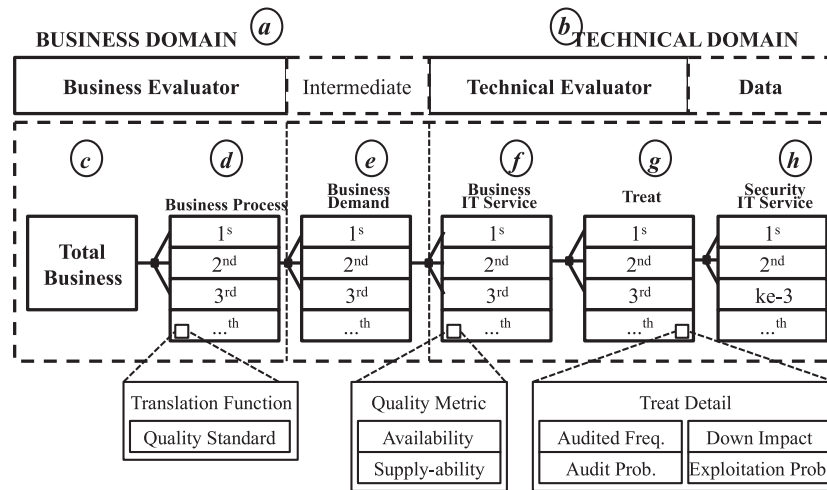


Gambar 24. Peluang jenis perubahan struktur organisasi yang menyebabkan informasi di dalam organisasi selalu tidak reliabel pada setiap level

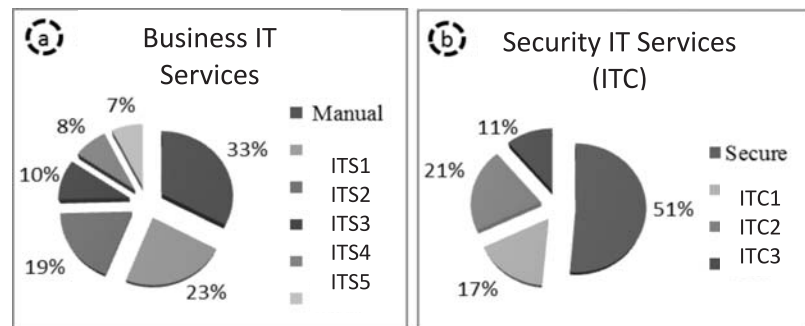


Gambar 25. Peluang atasan gagal dalam hal tertentu yang menyebabkan informasi di dalam organisasi selalu tidak reliabel pada setiap level

Selanjutnya kami juga mengupayakan suatu model penilaian terhadap kualitas layanan teknologi informasi menggunakan model *probabilistic business-driven*. Nilai bisnis dari suatu layanan teknologi informasi sering sangat sulit untuk di-ases, khususnya dari sisi pandang manajer yang tidak berlatar belakang teknologi informasi. Keadaan ini bisa berdampak buruk pada keputusan-keputusan strategis teknologi informasi suatu organisasi. Beragam pendekatan sudah dicoba untuk mengkuantifikasi nilai bisnis, tetapi beberapa metode terjebak pada kompleksitas teknis, sementara metode lain sering menggiring manajer untuk secara langsung dan subjektif menilai kompleksitas teknis yang berada di luar kepakaran mereka. Untuk itulah kami mengusulkan suatu pendekatan yang mampu menangkap kedua perspektif tersebut berdasar pada model *probabilistic business-driven* (Sembiring & Adi, 2015). Metode yang kami usulkan menjabarkan prosedur untuk menghitung nilai bisnis dari suatu layanan teknologi informasi. Model tersebut juga melingkupi layanan keamanan teknologi informasi dan nilai bisnisnya, sebagai suatu aspek penting dari layanan teknologi informasi, yang hingga saat ini luput dari cakupan penelitian-penelitian sebelumnya. Dampak dari perubahan kualitas layanan teknologi informasi terhadap nilai bisnis juga dibahas dengan rinci, dan aplikasinya pada perusahaan real juga ditampilkan.

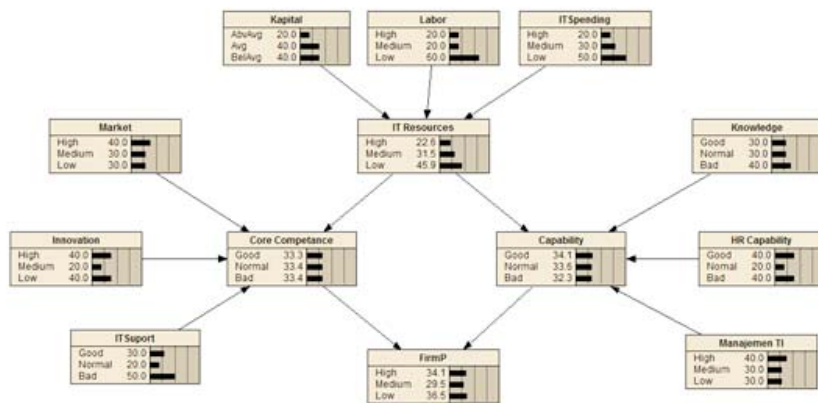


Gambar 26. Konstruksi model nilai bisnis kualitas layanan teknologi informasi dengan melakukan (i) pemisahan proses bisnis dan kebutuhan bisnis untuk memisahkan asesmen dari evaluator bisnis dan evaluator teknis (ii) availability dan supply-ability untuk menyederhanakan metrik pengukuran (iii) ancaman dan layanan keamanan TI sebagai elemen baru dari nilai bisnis layanan TI

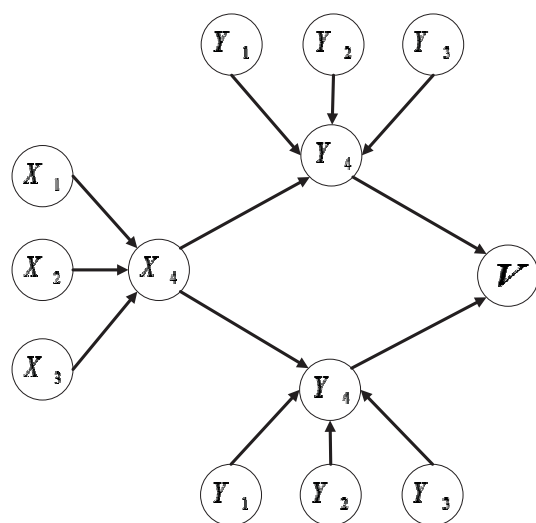


Gambar 27. Hasil simulasi untuk (a) nilai bisnis layanan TI (b) nilai layanan keamanan TI

Untuk menambah nilai informasi, kami memperkenalkan suatu model inferensi probabilistik bagi teknologi informasi hybrid menggunakan *Bayesian network*. Perubahan cara pandang terhadap teknologi informasi membawa pada kebutuhan untuk mengukur pengaruh nilai teknologi informasi di dalam organisasi. Model nilai teknologi informasi hybrid diketahui dapat menjelaskan hubungan antar variabel dengan lebih baik. Dikombinasikan dengan model probabilistik di dalam penelitian kami, maka kita dapat memanfaatkannya untuk memahami seberapa besar pengaruh hubungan kausal antar variabel pada model nilai teknologi informasi. Pengaruh hubungan kausal ini dimodelkan secara probabilistik dengan *Bayesian network*. Perhitungan hubungan kausal pada model yang kami usulkan mencakup struktur, sifat, dan arah dari hubungan antar variabel. Hal ini penting untuk menjamin akurasi dari dampak nilai teknologi informasi terhadap organisasi. Model yang kami usulkan dapat memberi inferensi dan mendiagnosa hubungan antar variabel melalui model grafis untuk kondisi terbaik dan terburuk, sehingga kemampuan adaptasi dan fleksibilitas model menjadi lebih terukur (Ramadhani, 2018).



Gambar 28. Struktur grafis inferensi probabilistik model nilai teknologi informasi hybrid



Gambar 29. Grafik keterhubungan variabel

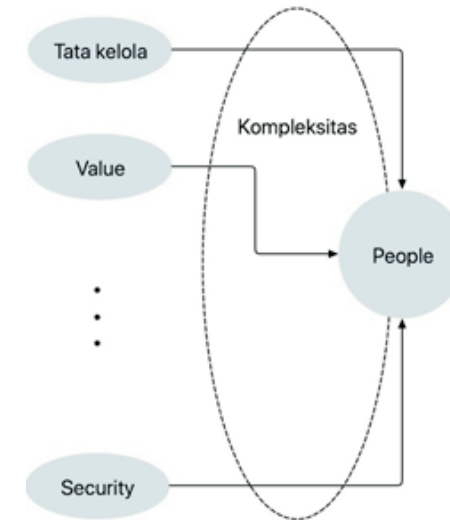
2.4 Sains informasi di era *Cyber Physical Systems*

Dalam memahami arah dan perkembangan ke depan, kita dapat melihatnya dari sejarah perkembangan teknologi dan peradaban manusia. Jika kita perhatikan, butuh waktu hampir 100 tahun untuk mencapai kematangan masyarakat industri, perkembangan industri yang ditopang oleh teknik elektro membutuhkan waktu 50-60 tahun, perkembangan teknologi informasi lebih cepat lagi, hanya membutuhkan waktu sekitar 20 tahun. Perubahan ilmu dan teknologi semakin cepat berkat informasi dan otomatisasi (Senat Akademik STEI, 2017). Dalam pandangan teori stokastik ini memiliki makna entropy semakin meningkat, semakin tidak teratur. *The world is flat*, interaksi dan inter-relasi antar disiplin ilmu tidak dapat dibendung (Friedman, 2005). Perkembangan informasi menunjukkan adanya perubahan dari yang dulunya merupakan *supporting*, berkembang menjadi *enabler*, kemudian menjadi *transformer* di dalam organisasi. Kajian dan penelitian terakhir menunjukkan bahwa informasi tidak hanya berinteraksi dalam lingkup organisasi tetapi berinteraksi dengan *society* atau masyarakat, seperti terlihat dalam beberapa aktifitas yang menunjukkan kecenderungan ini (MIT, 2019). Era baru yang sering disebut sebagai era *Cyber Physical Systems* (CPS) ini meniadakan sekat-sekat antar ruang fisik dan ruang cyber, memperpendek jarak tetapi saat bersamaan memperlebar jarak pemisah, memperpendek waktu tetapi juga sekaligus memperpanjang waktu. Era ini memperlihatkan kecenderungan manusia menyatu dengan

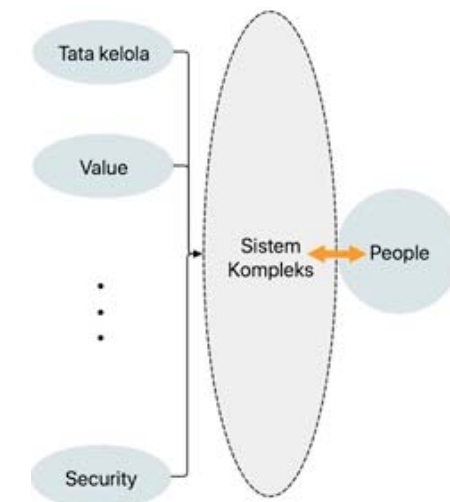
mesin (Harari, 2018) (Isaacson, 2012).

Apa yang dapat kami pahami dari kecenderungan tersebut adalah bahwa perkembangan teknologi informasi harus ditopang oleh sains informasi yang kokoh. Salah satu pendekatan sains informasi yang menurut hemat kami sejalan dengan perkembangan teknologi dan peradaban manusia tersebut adalah melalui cara pandang sistem kompleks. Sistem kompleks merupakan suatu pendekatan yang mempelajari bagaimana hubungan antar bagian dari suatu sistem menghasilkan perilaku kolektif dari sistem tersebut, dan bagaimana sistem berinteraksi dengan lingkungannya. Pembentukan persamaan atau model sistem kompleks pada umumnya diturunkan dari probabilitas/statistik, teori informasi dan dinamika *non-linear* yang merepresentasikan suatu perilaku yang terorganisir, tetapi *unpredictable*. Dalam konteks seperti ini kami meyakini bahwa bidang sains informasi akan semakin berkembang melalui pendekatan probabilitas dan stokastik sistem kompleks.

Kami melakukan penelitian mengenai (i) analisis resiko pengembangan aplikasi yang terkait langsung dengan *people*, teknologi, proses dan organisasi, dengan memanfaatkan *Bayesian network*, prinsip resiko Boehm serta *subjective probability*, (ii) *probabilistic plan* untuk pengambilan keputusan berdasarkan pengukuran nilai informasi; suatu problem yang coba kami dekati dengan pendekatan sistem kompleks, tidak dengan pendekatan *machine learning*, (iii) kontekstualisasi nilai informasi dari *Shannon theory* dan (iv) *teori martingale* untuk reliabilitas informasi.



Gambar 30. Kompleksitas di dalam enterprise yang terjadi saat ini



Gambar 31. Sistem kompleks di dalam enterprise pada era CPS

Era CPS ini tidak dapat dihindari, dan akan memberi dampak pada dunia teknologi informasi dan enterprise. Kita akan semakin menyaksikan kaburnya pemisahan peran antara pemangku kepentingan dan mesin/komputer. Perkembangan kecerdasan buatan, *data sciences*, *internet of things* dan lain-lain akan mengakibatkan penyatuan atau sinergi 3M, antara *Man* (manusia), *Machine* (komputer) dan *Mind* (perilaku) menjadi semakin erat melalui otomasi, dan interaksi antar elemen. Dalam konteks kelompok keilmuan, aktifitas yang kami lakukan merupakan sebagian kecil dari cita-cita pencapaian tujuan KK dalam menciptakan *information system and technology platform for societal advancement*, yang juga diharapkan menjadi bagian dari susunan kekuatan keilmuan di institut yang kita banggakan ini.

3. PENUTUP

Masa depan adalah seperti kanvas putih yang siap untuk diwarnai. Guru besar yang mendapat amanah untuk mengemban tanggung jawab pengembangan ilmu pengetahuan memiliki kesempatan untuk memberi warna bagi kemashalatan ummat manusia di masa depan. Di era *Cyber Physical System*, yang penuh dengan ketidakpastian, disrupsi dan kecepatan perubahan, maka masa depan menjadi suatu tantangan besar, karena guratan warna yang dituliskan bisa menjadi sarana ibadah untuk kebaikan kemanusiaan, tetapi juga bisa membawa bencana bagi kemanusiaan. Semoga Allah Tuhan Yang Maha Kuasa selalu memberikan

petunjuk-Nya. Kami menyadari sepenuhnya bahwa menjadi seorang Guru Besar dari sebuah institusi besar seperti ITB adalah suatu amanah yang tidak mudah. Dengan segala kerendahan hati untuk turut serta bertanggung jawab dalam membangun ITB menjadi sebuah perguruan tinggi terkemuka, dengan izin dan petunjuk Tuhan Yang Maha Kuasa, dengan segala kekurangan dan kelemahan yang kami miliki, kami siap untuk bersama-sama dengan seluruh sivitas akademika ITB dan para pendahulu memikul amanah mulia tersebut.

Untuk Tuhan, Bangsa dan Almamater.

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya. Izinkan kami menyampaikan rasa hormat dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Rektor dan Pimpinan ITB, Pimpinan dan seluruh Anggota Forum Guru Besar ITB, atas kesempatan yang diberikan untuk menyampaikan orasi ilmiah di hadapan para hadirin sekalian pada forum yang terhormat ini. Terimakasih dan salam hormat bagi seluruh keluarga besar Sekolah Teknik Elektro dan Informatika. Terimakasih atas segala dukungan dan kehangatan keluarga yang bapak dan ibu berikan. Kami secara khusus ingin mengingat kembali Prof. Kudrat Soemintapoera (alm.) yang telah membuka jalan keilmuan untuk kami. Terimakasih rekan-rekan di KKTI, terimakasih Prof. Suhono H. Supangkat, senior sekaligus rekan sejawat, atas dukungannya. Penghargaan dan

terimakasih teruntuk guru-guru kami, Prof. Adang Suwandi Ahmad, pak Tunggal Mardiono, dll. yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, semoga kebaikan bapak dan ibu menjadi amal yang tidak putus-putusnya di dunia dan kelak di kemudian hari. Terimakasih untuk seluruh mahasiswa bimbingan kami di program sarjana dan pasca sarjana atas interaksi yang saling menguatkan dan dedikasi yang telah saudara(i) berikan. Terimakasih untuk seluruh keluarga besar di Binjai, Medan, Yogyakarta dan Semarang. Terimakasih untuk almarhum ayah dan ibu mertua, yang telah menitipkan putrinya untuk mendampingi kami dalam hidup ini. Terimakasih untuk istri, Sarah Asmita, yang telah melengkapi separuh jiwa dan kehidupan kami; putra dan putri kami, Fabian Akhmad Sembiring dan Theresna Zahra Sembiring, atas do'a, kehangatan dan dukungan yang telah kalian berikan. Terimakasih untuk ibunda, yang atas izin Allah swt. telah melahirkan dan memberikan kesempatan bagi kami untuk sedikit menggoreskan sejarah bagi kemanusiaan; dan ayahanda kami; pesan beliau saat kami duduk di bangku SMP, *don't wait 'till tomorrow what you can do today*, sebuah pesan sederhana yang selalu kami ingat hingga akhir hayat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ramadhani, I., 2018. *Inferensi Probabilistik Hybrdi IT Value Model Menggunakan Bayesian Network*, Bandung: ITB, Thesis Magister.
- Rahman, A., 2017. *Model Reliabilitas Informasi Organisasi Menggunakan*

- Dynamic Bayesian Network*, Bandung: ITB, Thesis Magister.
- Jacod, J. & Potter, P., 2000. *Probability Essentials*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Stock, W. G. & Stock, M., 2013. *Handbook of Information Science*. Berlin: De Gruyter Saur.
- Friedman, T. L., 2005. *The World is Flat: A Brief History of the Twenty-First Century*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Senat Akademik STEI, 2017. *Latar Belakang Kebijakan Akademik STEI ITB*. 2017 ed. Bandung: STEI ITB.
- MIT, 2019. *MIT Media Lab..* [Online] Available at: <http://www.media.mit.edu/> [Accessed Wednesday June 2019].
- Sembiring, J., Nuryatno, E. T. & Gondokaryono, Y. S., 2011. Analyzing the Indicators and Requirements in Main Components of Enterprise Architecture Methodology Development using Grounded Theory in Qualitative Methods. *Journal Econometrics: Econometric & Statistical Methods – Special Topics e-Journal*, 4(48).
- Sembiring, J. & Adi, S., 2015. Business Value of Information Technology Service Quality Based on Probabilistic Business-Driven Model. *Journal of ICT Research and Application*, 9(1).
- Sembiring, J. & Uluwiyah, A., 2015. Data and Metadata Exchange Design with SDMX Format using Web Service for Interoperability Statistical Data. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 14(2).

- Sembiring, J. & Susanti, F., 2015. Integrated Service Oriented Architecture Governance with ITIL®v3.0. *International Journal of Advanced in Management Science*, 4(1).
- Sembiring, J., Ramadhan, M., Gondokaryono, Y. S. & Arman, A. A., 2015. Network Security Risk Analysis using Improved MulVAL Bayesian Attack Graph. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, 7(4), pp. 735-753.
- Sembiring, J., Sipayung, J. P. & Arman, A. A., 2018. Application Development Risk Assessment Model Based on Bayesian Network. *Telkomnika (Telecommunication, Computing, Electronics and Control)*, 16(3), pp. 1376-1385.
- Sembiring, J. & Wiharni, F., 2019. Risk assessment of information production using extended risk matrix approach. *Telkomnika (Telecommunication, Computing, Electronics and Control)*, 17(3), pp. 1324-1337.
- Harari, Y. N., 2018. *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow*. London: Vintage.
- Khaitan, S. K. & McCalley, J. D., 2014. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey. *IEEE Systems Journal*.
- Isaacson, B., 2012. *Mind Control: How EEG Devices Will Read Your Brain Waves And Change Your World*. [Online] Available at: https://www.huffpost.com/entry/mind-control-how-eeeg-devices-read-brainwaves_n_2001431 [Accessed June 2019].

CURRICULUM VITAE



Nama : **JAKA SEMBIRING**
 Tmpt. & tgl. lhr. : Binjai, 28 Februari 1966
 Kel. Keahlian : Teknologi Informasi
 Alamat Kantor : Jalan Ganesha 10 Bandung 40132
 Nama Istri : Sarah Asmita
 Nama Anak : 1. Fabian Akhmad Sembiring
 2. Theresna Zahra Sembiring

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- Doctor of Engineering (Dr. Eng), Electrical Engineering, Waseda University, Japan, 2000
- Master of Engineering (M. Eng), Electrical Engineering, Waseda University, Japan, 1997
- Sarjana Teknik Elektro (Ir.), Institut Teknologi Bandung (ITB), 1990.

II. RIWAYAT KERJA DI ITB

- Staf Pengajar Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB, 1991-Sekarang
- Kepala Divisi Sistem Informasi Akademik, Pusat Sumber Daya Informasi (PSDI) (2003)
- Kepala Divisi Sains dan Enjiniring, Pusat Penelitian Teknologi Informasi dan Komunikasi (PP-TIK) (2004-2005)
- Wakil Direktur Pusat Penelitian Teknologi Informasi dan Komunikasi (PP-TIK) (2005)

- Kepala Divisi Kajian Kebijakan dan Regulasi TIK, Pusat Penelitian Teknologi Informasi dan Komunikasi (PP-TIK) (2006)
- Wakil Dekan Bidang Sumber Daya STEI Periode 2011-2014
- Dekan STEI Periode 2015 – Sekarang.

III. RIWAYAT KEPANGKATAN

- CPNS, III/A, 1 Februari 1991
- Penata Muda, III/A, 1 Maret 1992
- Penata Muda TK 1, III/B, 1 Maret 1998
- Penata, III/C, 1 Maret 2000
- Penata TK 1, 1 Oktober 2007
- Pembina IV/A, 1 Oktober 2009.

IV. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

- Asisten Ahli Madya, 1 Juni 1992
- Lektor, 1 Januari 2001
- Lektor Kepala, 1 Maret 2007
- Profesor/Guru Besar, 1 Agustus 2018

V. KEGIATAN PENELITIAN

- Pengembangan QoS Konferensi Multimedia untuk Meningkatkan Kualitas Pendidikan Dasar Berbasis e-Learning 2012, Penelitian Strategis Nasional 2012
- Inovasi Sistem Pembelajaran Kolaboratif untuk Mendukung Proses Belajar dalam Peningkatan Kualitas Pendidikan di Indonesia, MP3EI 2012
- Penerapan dan Implementasi Teknologi Virtual Class untuk

Daerah Rural, Tahap I, MP3EI 2014

- Pemanfaatan Teknologi Digital Signage untuk mengembangkan Sistem Informasi dan Komunikasi Kepariwisata Digital dalam Mendorong Industri dan Jasa Kreatif, Tahap II, MP3EI 2014
- Penerapan dan Implementasi Teknologi Virtual Class untuk Daerah Rural, Tahap II, MP3EI 2015
- Pemanfaatan Teknologi Digital Signage untuk mengembangkan Sistem Informasi dan Komunikasi Kepariwisata Digital dalam Mendorong Industri dan Jasa Kreatif, Tahap III, MP3EI 2015
- Rekayasa Sistem Kompleks Untuk Pengembangan Sistem Layanan Monitoring Defisiensi Nutrisi Pada Tanaman, Program Riset Penguatan Inovasi 2018, ITB

VI. PUBLIKASI (5 tahun terakhir, selected)

- **Jaka Sembiring**, Fitasari Wiharni, "Risk Assessment of Information Production Using Extended Risk Matrix Approach", *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, Vol. 7 No. 3., June 2019, pp. 1324-1337
- **Jaka Sembiring**, Johan P. Sipayung, Arry A. Arman "Application Development Risk Assessment Model Based on Bayesian Network", *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, Vol. 16 No. 3., June 2018, pp. 1376-1385
- **Jaka Sembiring**, Mufti Ramadhan, Yudi S. Gondokaryono, Arry A. Arman, "Network Security Risk Analysis Using Improved MulVAL Bayesian Attack Graph", *International Journal on Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, Vol. 7 No. 4., December 2015, pp. 735-753

- **Jaka Sembiring** and Fitri Susanti, "Integrated Service Oriented Architecture Governance with ITIL®v3.0", International Journal of Advanced in Management Science, Vol. 4 No.1, July 2015
- **Jaka Sembiring** and Ana Uluwiyah, "Data and Metadata Exchange Design with SDMX Format Using Web Service for Interoperability Statistical Data", Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol. 14 No. 2, May 2015
- **Jaka Sembiring** and Susilo Adi, "Business Value of Information Technology Service Quality Based on Probabilistic Business-Driven Model", Journal of ICT Research and Application, Vol. 9 No.1, 2015
- **Sembiring, J.**, Nuryatno, E. T. & Gondokaryono, Y. S., "Analyzing the Indicators and Requirements in Main Components of Enterprise Architecture Methodology Development Using Grounded Theory in Qualitative Methods", *Journal Econometrics: Econometric & Statistical Methods – Special Topics e-Journal*, 4(48), 2011
- Iksan, N., **Sembiring, J.**, Hariyanto, N., Supangkat, S.H., "Residential Load Event Detection in NILM Using Robust Cepstrum Smoothing Based Method", International Journal of Electrical Engineering and Computer Engineering, Vol. 9 No. 2, pp.742-752
- Albarda, Supangkat, S.H., Langi, A.Z., **Jaka Sembiring**, "Characteristic on Classification of Information Use (IU)", International Journal of Informatics & Communication Technology (IJ-ICT) - Institute of Advanced Engineering and Science (IAES), Vol 3, No 3, October 2014

- Albarda, Suhono Harso Supangkat, Kuspriyanto, Jaka Sembiring, "Information Interchange Layer based on Classification of Information Use (IU)", International Journal of Telkomnika, vol. 12 no. 2, June 2014
- Adelina, A.R., Suhardi, Kurniawan, N.B., **Sembiring, J.**, "Dependability Model of Service Computing System", Proceedings of the 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics: Sustainability Society Through Digital Innovation 2017, November 2017, pp. 1-6
- Ariya Sanjaya, I.M., Supangkat, S.H., **Sembiring, J.** "Citizen Reporting Through Mobile Crowdsensing: A Smart City Case of Bekasi", Proceedings of the International Conference on ICT for Smart Society: Innovation Toward Smart Society and Society 5.0 2018
- Suhardi, Adelina, A.R., Wulandari, M., **Sembiring, J.**, Hasugian, L.P. "Service Innovation for Sustainable Fuel Supply Using Cyber Physical Social System Technology", Proceedings of the 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics: Sustainability Society Through Digital Innovation 2017, November 2017, pp 1-7
- Rahman A., **Sembiring, J.**, "A Preliminary Study on the Reliability Model of Organization Information Using Dynamics Bayesian Network", Proceedings of the International Conference on ICT for Smart Society 2017, January 2018, pp.1-5
- Suhardi, Kurniawan, N.B., Subrata, A., **Sembiring, J.**, "Modeling IT Value Based on Meta-Analysis", Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering, Computer

Science and Informatics 2017, December 2017

- Wasitarini, D.E., **Sembiring, J.**, "Performance Measurement Framework of E-Library Using Modified Quantitative Models for Performance Measurement Systems (QMPMS) Method for ICT Infrastructure", Proceedings of the International Conference on Information Technology Systems and innovation 2015
- Josua Johan Pandapotan Sipayung, **Jaka Sembiring**, "Risk Assessment Model of Application Development Using Bayesian Network and Boehm's Software Risk Principles", The 2015 International Conference on Information Technology, Systems, and Innovation (ICITSI), Bandung-Bali, November 16-19, 2015
- Zulyadi, **Jaka Sembiring**, "Design of FTTS Forecasting Model Using Markov Chain and P2AMF Framework, Case Study: Farmer's Terms of Trade of Smallholders Estate Crops Subsector in Riau", The 2015 International Conference on Information Technology, Systems, and Innovation (ICITSI), Bandung-Bali, November 16-19, 2015
- Bandung, Y., Gani, A.M., Tanuwidjaja, H.C., **Sembiring, J.**, "The Challenges of Delivering Multimedia-Based Learning Services in Rural Area", The 2015 International Conference on Information Technology, Systems, and Innovation (ICITSI), Bandung-Bali, November 16-19, 2015
- Rahmadiansyah, D., **Sembiring, J.**, "Ship and Cargo Services Operational Risk Controlling through Bayesian Subjective Probability as a Reference for the Maritime Port Information Technology Planning", The International Conference on ICT For Smart Society (ICISS) 2014, Bandung, Sept. 24-25, 2014, pp. 155 –

164

- Mohammad Ikhsandana H. Siregar and **Jaka Sembiring**: "On the Design of an IT Valuation and Business Alignment Model Using Resource Based View Method and COBIT version 5", International Conference on Advanced Computer Science and Information Technology, Bali, September 28-29, 2013
- Kingkin Rahayu Ningsih, **Jaka Sembiring**, Arry Akhmad Arman, Aciek Ida Wuryandari, "Developing IT Investment Management Framework of Government Institution", International Conference on Advanced Computer Science and Information Technology (ICACSIS 2013), Bali, September 28-29, 2013
- **Jaka Sembiring** and Mohammad Ikhsandana H. Siregar, "A Decision Model for IT Risk Management on Disaster Recovery Center in an Enterprise Architecture Model", Procedia Technology. The 4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics, ICEEI 2013.

VII. PENGHARGAAN

- Tanda Jasa Satyalancana Karya Satya 10 tahun
- Tanda Jasa Satyalancana Karya Satya 20 tahun
- Penghargaan Pengabdian 25 Tahun Institut Teknologi Bandung
- Penghargaan Institut Teknologi Bandung bidang Pengembangan Institusi 2019

VIII. SERTIFIKASI

- Sertifikasi Kompetensi Asesmen/Uji Kompetensi, BNSP 2016
- Sertifikasi Dosen, Kementerian Pendidikan Nasional 2010

