

Perbandingan Pendekatan Tradisional dan *Semantic Web* untuk Akses Informasi Sebagai Penunjang Pengambilan Keputusan

Kris Triyantio¹⁾ Lintang Yuniar Banowosari²⁾, I Wayan Simri Wicaksana³⁾

Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya no.100, Depok 16424, Indonesia

E-mail : antio_7@yahoo.com, {lintang, iwayan}@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Pengambilan keputusan pada dunia industri akan membutuhkan data teks, grafik dan juga bentuk data tradisional lainnya. Dengan perkembangan teknologi informasi saat ini maka sifat dari sumber informasi berkembang sehingga berjumlah sangat besar, keragaman jenis sumber informasi (sintaktik, struktur, semantik) dan data volume data semakin besar serta kompleks.

Untuk mendapatkan pengambilan keputusan yang baik dibutuhkan beragam informasi, sehingga mengakses secara benar kepada beragam sumber informasi menjadi hal yang kritis. Mengacu kepada hal di atas, paper ini akan melihat pendekatan yang sesuai terhadap problem di atas.

Perbandingan antara pendekatan tradisional dan pendekatan semantik akan merupakan langkah awal dari riset yang dilakukan. Diawali dari model data yang tersentral, sampai ke model data yang terdistribusi secara otonomi dan terbuka. Evaluasi ini akan melandasi pertimbangan untuk penggunaan semantik sebagai penyempurnaan dari pendekatan yang telah ada.

Pada paper juga akan didemonstrasikan sebuah penerapan sederhana dari pendekatan semantik yang dibandingkan dengan pendekatan tradisional. Pada pendekatan semantik akan dibangun dengan tool Protégé dan query akan berjalan pada QueryTab dan SPARQL. Sementara untuk tradisional model menggunakan antar-muka translator dengan tool XBASE dari MS-Access. Pengujian ditekankan kepada perbedaan sudut pandang terhadap schema dari berbagai sumber dan pemakai informasi untuk pengambilan keputusan.

Kata Kunci: *Ontology, Protégé, Semantic Web, OWL*

1. Pendahuluan

Ketatnya persaingan bisnis di dunia industri, membutuhkan pengambilan keputusan yang tepat. Dalam pengambilan keputusan dukungan informasi yang sesuai, akurat dan lengkap adalah merupakan hal yang sangat penting. Pada era teknologi informasi, kegiatan pengambilan keputusan dan pengumpulan data serta informasi semakin mudah dan cepat. Bentuk data dan informasi semakin beragam dalam menunjang pengambilan keputusan, dari bentuk tradisional *database, text, image, GIS* dan sebagainya. Tetapi di sisi lain dampak dari teknologi informasi memberikan keragaman jenis informasi serta jumlah sumber yang semakin besar.

Untuk mencapai pengambilan keputusan yang baik maka perlu dipertimbangkan pendekatan yang sesuai untuk mengakses berbagai sumber informasi. Pada *paper* ini akan dilihat perbandingan pendekatan tradisional dengan pendekatan semantik/modern untuk pengumpulan (interoperabilitas dan integrasi) dari berbagai sumber informasi.

1.1. Permasalahan Interoperabilitas Informasi pada Pengambilan Keputusan

Tujuan dari interoperabilitas informasi adalah memberikan akses data atau informasi dari berbagai sumber yang beragam. Berbagai penelitian dan prototipe telah dilakukan pada bidang ini. Pendekatan tradisional telah dilakukan dimulai dari area *database* hingga ke level sistem federasi..

Berners-Lee [1] mengatakan “berbagai pelayanan pencarian skema pada level rendah telah tersedia saat ini seperti Universal Plug and Play dari Microsoft, dimana menitik beratkan untuk koneksi dari berbagai peralatan. Kini dari SUN menekankan kepada koneksi ke pelayanan. Inisiatif ini akan tetapi menghadapi kendala pada tingkat struktural dan sintaktik, karena sulitnya melakukan standarisasi. Karena standarisasi sejauh ini sulit untuk mencakup segala kebutuhan dimasa mendatang, *Semantic web* disisi lain memberikan hal yang lebih fleksibel”.

Menurut Hearst [3] keragaman informasi disebabkan oleh beberapa hal utama sebagai berikut:

- *Web* adalah *massive*, dimana jumlah sumber data dan informasi berbasis *web* mengalami pertumbuhan yang luar biasa dalam orde ratusan ribu atau juta per tahun



- *Web* adalah terdistribusi, teknologi *web* memberikan tingkat autonomi yang lebih tinggi sehingga ketersebarannya juga semakin besar. Akibatnya setiap pemilik *web* dapat menyajikan data ataupun informasi dengan 'vocabulary' yang berbeda walau yang dimaksud adalah sama.
- *Web* adalah dinamis, sebuah *web* bisa hadir atau tidak pada jaringan Internet adalah sangat bebas, lokasi geografis ataupun nama logik dari sebuah sumber informasi dapat berubah secara mudah dan sering, perubahan isi dari *web* juga tidak dapat diperkirakan.
- *Web* adalah *open*, sebuah *web* dapat dibuat dan dibaca oleh setiap orang secara prinsip dasar, walaupun dapat dibatasi dengan tingkat sekuriti.

Menurut Sheth [1] ada dua jenis heterogen, yaitu informasi dan sistem heterogen. Pada awal perkembangan, teknologi lebih menitik beratkan pada sistem heterogen, seperti perangkat keras, protokol komunikasi, *database* beek-end. Sementara pada saat ini keragaman informasi lebih merupakan fokus dari penelitian. Keragaman informasi meliputi sintatik, struktur dan semantik.

Sintatik heterogen adalah menekankan pada perbedaan representasi dan pengkodean data. Struktur heterogen melihat kepada struktur dari data atau informasi, pada tradisional *database* adalah analogi dengan kamus data. Semantik heterogen adalah keragaman konsep, perbedaan ini kerap terjadi karena perbedaan domain dari pemakai, perbedaan keperluan dan sebagainya.

1.2. Kontribusi dan Isi *Paper*

Pada *paper* ini diketengahkan sebuah survei dalam membandingkan pendekatan tradisional terhadap semantik dalam mengakses data atau informasi untuk menunjang pengambilan keputusan. Dengan hasil ini, maka dapat dipertimbangkan dalam pemilihan pendekatan yang sesuai.

Paper ini akan terdiri dari 4 bagian, bagian pertama menguraikan pendahuluan yang menitikberatkan pada masalah yang dihadapi. Bagian kedua akan menjelaskan interoperabilitas informasi untuk pengambilan keputusan beserta perubahan dan perbandingannya. Bagian ketiga memberikan contoh sederhana untuk membandingkan pendekatan tradisional dan semantik dalam kondisi saat ini untuk pengumpulan informasi. Bagian terakhir adalah penutupan yang merupakan ringkasan *paper* dan rencana penelitian ke depan.

2. Interoperabilitas Informasi

Pemahaman dari integrasi informasi dapat meliputi interoperabilitas informasi, *sharing* informasi. Interoperabilitas informasi telah dikembangkan untuk memenuhi berbagai kebutuhan dalam berbagai area. Salah satu pendorong perlunya interoperabilitas adalah berkembangnya sarana Internet.

Berbagai usaha dalam penelitian dan industri dalam tiga dekade terakhir ini telah banyak dilakukan untuk interoperabilitas informasi. Dimulai dari transfer *file*, federasi hingga mediasi semantik. Motivasi dari interoperabilitas informasi secara umum adalah :

- untuk membantu pemakai dalam aktivitas agar menjadi lebih cepat dan baik
- untuk meningkatkan unjuk kerja dari sistem dan ketersediaan data serta keamanan mengacu kepada motivasi dari data terdistribusi

2.1. Generasi Interoperabilitas Informasi

Sheth [5] membagi generasi dari sistem informasi kedalam tiga generasi yang dimulai dari awal 80an hingga akhir milenium. Dia menekankan kepada dimensi keragaman yang meliputi :

1. Distribusi, mengakibatkan cakupan dari interoperabilitas berubah dari waktu ke waktu. Dampak yang terasa dengan teknologi Internet adalah mendorong timbulnya generasi kedua. Meningkatnya teknologi informasi dan infrastruktur informasi secara global melahirkan generasi ketiga.
2. Otonomi, generasi pertama sangat konsern akan otonomi isu, karena masalah update.. Pada generasi berikutnya pemahaman otonomi adalah bergeser kepada kebebasan menyajikan data atau informasi.
3. Heterogen, melihat kepada keragaman dari Sheth yang dibagi menjadi keragaman sistem dan informasi. Pada era 80an atau generasi pertama, keragaman perangkat keras, komunikasi adalah kendala utama, ini merupakan keragaman sistem. Pada akhir 80an (generasi kedua) dimulai keragaman data model atau skema mulai timbul. Generasi ketiga didorong semakin beragamnya konsep, sehingga kasus keragaman semantik semakin pelik.

Secara ringkas perbedaan antar generasi dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I. Generasi Sistem Interoperabilitas Informasi, sumber Sheth [5]

	Generation I (- 1985)	Generation II (1986 – 1995)	Generation III (1996 -)
--	---------------------------	--------------------------------	-----------------------------

Level of interoperation concern (new emphasis underlined)	<u>system</u> , data	system, <u>data</u> , information	System, data, <u>information</u> , <u>knowledge</u> (incl. social), process
Types of interoperability emphasized	<u>system</u> (computer system and communication); limited aspects of syntax and structure (data model); transparency of location, distribution, replication, data models	<u>syntax</u> (data types and formats), <u>structure</u> (schematic, <i>query</i> languages and interfaces)	<u>semantic</u> (increasingly domain-specific)
Dominant interoperability architecture	multidatabases or <u>federated databases</u>	federated information systems, <u>mediator</u>	mediator, information <u>brokering</u>
Scope of system interoperability	handful of interconnected computers and <i>databases</i>	tens of systems on a LAN, <i>databases</i> and text repositories	enterprise-wide and global scope
Software and information system architecture	terminal access, <i>point-to-point</i> ; also mainframes and minicomputers with remote access, client-server (two-tier);	client-server (three tier);	network, distributed, and mobile
Communication infrastructure on which system interoperability solutions are built	proprietary (IBM domination), TCP/IP	TCP/IP, http, CORBA	Internet/ <i>Web</i> /Java, distributed object management, component, but increasingly higher-level such as multi-agent, mobile
Types of data	structured <i>databases</i> and files	structured <i>databases</i> , text repositories, semi-structured and structured and data in generic (e.g., SGML, HTML) and domain specific formats	all forms of digital media with increasing support for visual/spatio-temporal/scientific/engineering data;
Dominant information source/system model	Relational and E-R	object-oriented	component-based; multi-modal
Data/information interoperability approaches	structural and data model, data representation	understanding of a variety of metadata, comprehensive understanding of schematic heterogeneity	comprehensive use of metadata, increasing emphasis on semantics and ontology supported approaches
Interoperability techniques (representative samples)	data-level relationships, common/canonical data models, mappings, <i>database</i> exchanges, remote <i>database</i> interfaces, <i>query</i> transformations, schema translation, <i>schema</i> integration	schematic and metadata-level relationships, wrappers, extractors, single ontology, <i>metadatabase</i> , schematic heterogeneity, <i>multidatabase</i> consistency, <i>mediators</i>	multiple ontologies, information or semantic level relationships, context, media-independent information correlation, inter-ontological relationships, metadata consistency
Key human roles in supporting interoperability	data(base) administrators or experienced users, knowledgeable data structures and models, software developer written access <i>programs</i>	software developers to generate wrappers and mediators (with some toolkits) involving data level issues	domain experts for ontologies and for generating information correlations
Access options	<i>database query</i> language (SQL) for structured <i>databases</i> , keyword accesses for textual data/files	keyword-based attribute and (limited) content-based access, (limited) ontology-based access,	multimedia views; visual interfaces; information requests that are media-independent, multi-ontology based, context-sensitive and domain-specific
A few representative applications	integration of business <i>databases</i> or public <i>databases</i>	digital library, integrated access to heterogeneous data for a software team	digital earth, environmental phenomena, multi-step and multi-modal intelligence analysis
One representative complex query	Find a four star restaurant with less than \$25 average cost that serves Mediterranean food in Richmond (a <i>multidatabase query</i> on distributed structured <i>databases</i>)	Find flowers suitable for winter gardens that look like <i>this</i> <image> with a soft smell (a keyword-, attribute-, and content-based <i>query</i> on text and image data repositories)	Find a block of land with urban land cover and moderate relief and population greater than 5000 and area greater than 1000 sq ft suitable for a strip mall (a <i>query</i> with terms whose meanings are understood by the system, and may involve multi-step processing against multi-modal data)
Research prototypes	ADDS, DDTS, Interbase, Mermaid, MRDSM, Multibase, Omnibase, see Sheth and Larson (1990) for more examples	GARLIC, Harvest, HERMES, InfoHarness/Visual-Harness, Information Manifold, InfoSleuth, RUFUS, SIMS, TSIMMIS, ...	
Products (Companies)	UniSQL/M (UniSQL), Mermaid (Data Integration), DataJoiner (IBM), OmniConnect (Sybase)	AdaptX/Harness (Bellcore), (Junglee), TIE (Tesseract), (Excalibur)	



2.2. Perbandingan Pendekatan Interoperabilitas Antar Generasi

Pada sub-bagian 2.1 telah diuraikan tiga generasi sitem interoperabilitas informasi. Secara general dapat dikelompokkan dalam 6 pendekatan untuk mencapai interoperabilitas. Pembagian tersebut meliputi :

- **Translator database**, pendekatan yang dilakukan adalah dengan solusi *point-to-point* dengan melakukan pemetaan langsung untuk mengatasi keragaman data antar berbagai *database*. Pendekatan ini sesuai untuk jumlah partisipasi sumber informasi yang kecil. Penambahan translator akan bernilai kuadrat terhadap penambahan jumlah sumber informasi.
- **Standarisasi**, pendekatan ini membutuhkan komponen yang diintegrasikan dalam model yang sama untuk representasi data dan komunikasi. Model representasi standard dapat berbentuk sebuah metamodel yang memenuhi persyaratan integrasi dari berbagai komponen. Dengan standarisasi kebutuhan akan translator akan menurun, tetapi membentuk metamodel adalah sulit, memanipulasi *high level language* juga rumit.
- **Sistem federasi**, adalah sebuah sistem yang terdiri dari *database* beragam, dimana user federasi dapat mengakses dan memanipulasi data secara transparan tanpa perlu mengetahui dimana lokasinya. Setiap *database* federasi termasuk skema federasi yang berkoperasi dengan mengekspor semua subset. Ada dua tipe federasi sistem, yaitu *tightly* dan *loosely couple* sistem federasi. *Tightly couple* sistem federasi adalah kombinasi dari skema semua partisipant dan dibuat serta diperlihara oleh administator federasi. *Loosely couple* federasi mencakup satu atau lebih skema federasi yang dibuat oleh pemakai atau lokal *database* administator. Pendekatan ini dengan cepat menjadi rumit dengan bertambahnya jumlah translator yang dibutuhkan untuk model data yang heterogen. Pendekatan sistem federasi adalah merupakan sistem yang menjembatani antara pendekatan tradisional ke pendekatan modern.
- **Muti-base 'language'**, merupakan kumpulan koleksi *database* yang terhubung secara *loosely* dimana sebuah bahasa *query* digunakan untuk mengakses semua *database* yang tersedia.
- **Ontologi** merupakan pendekatan yang berbasiskan konsep dari sebuah domain. Ontologi mendefinisikan *vocabulary* yang dapat digunakan oleh berbagai user pada berbagai sistem. Pembuatan sebuah domai adalah pekerjaan yang sulit dan kerap membutuhkan penggabungan (*merge*) ontologi yang telah ada dan kerap pula *overlapping*.
- Pendekatan **mediasi**, adalah pendekatan dengan menggunakan dua komponen utama. Komponen pertama adalah *mediator* yang digunakan untuk membuat dan mendukung 'view' terintegrasi dari data berbagai sumber. Komponen kedua adalah *wrapper* yang digunakan untuk memetakan antara *database* lokal dan data model dari federasi. *Wrapper* memberkan sarana untuk fungsi dasar dalam mengakses data.

Tabel II membandingkan pendekatan tradisional dan modern untuk memungkinkan terjadinya interoperasi pada sistem informasi. Pada tabel ini akan memperlihatkan keuntungan dan keterbatasan yang dimiliki setiap pendekatan.

Tabel II. Perbandingan Pendekatan Interoperabilitas Informasi, sumber utama Nicole [4]

Pendekatan	Keuntungan	Keterbatasan	Tool dibutuhkan	Level
Translator Database (Traditional)	<ul style="list-style-type: none"> • memberikan kontrol yang lebih baik untuk translator <i>point to point</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • membutuhkan jumlah translator yang banyak untuk sistem terbuka • penambahan sumber informasi baru akan membutuhkan translator sebanyak $2(n-1)$ 	membutuhkan translator sebanyak $n*(n-1)$	Data
Standarisasi (Tradisional)	<ul style="list-style-type: none"> • penggunaan pivot, model canonical atau metamodel • mengurangi jumlah translator 	<ul style="list-style-type: none"> • kesulitan membuat standard yang dapat diterima oleh semua • membuat metamodel adalah sulit 	membutuhkan translator sebanyak $2n$	Data
Sistem Federasi (Transisi)	<ul style="list-style-type: none"> • didorong dari model standarisasi • informasi lokal adalah otonomi 	<ul style="list-style-type: none"> • menggunakan global, skema federasi adalah relatif statis • membuat skema federasi untuk integrasi adalah sulit • penambahan sumber 	membutuhkan translator sebanyak $2n$	Data



Pendekatan	Keuntungan	Keterbatasan	Tool dibutuhkan	Level
		informasi baru akan merancang ulang skema federasi		
Multi-base (Modern)	<ul style="list-style-type: none"> menggunakan satu bahasa '<i>query</i>' untuk berbagai sumber sistem informasi 	<ul style="list-style-type: none"> interoperasi 'language' tidak mengekspor semantik dari sistem lokal pemakai memerlukan untuk mencari dan memahami semantik dari berbagai sumber sistem informasi 	<i>query</i> based	Data, Proses
Ontologi (Modern)	<ul style="list-style-type: none"> Solusi berorientasi semantik 	<ul style="list-style-type: none"> ontologi yang baik adalah sulit untuk membuat dan memeliharanya memerlukan translator pada meta-level 	semantik	Data
Mediasi (Modern)	<ul style="list-style-type: none"> mengkombinasikan translator dan semantik sistem informasi lokal adalah otonomi berorientasi pada data dan proses 	<ul style="list-style-type: none"> sulit untuk membuat proses mediasi menjadi full otomatis 	memerlukan semantik translator sebanyak 2n	Data, Proses

3. Contoh Sederhana

Dalam penulisan ini akan mengambil contoh kasus mengenai sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan makanan, perusahaan tersebut menggunakan berbagai sumber untuk proses pengambilan keputusan. Salah satu contoh adalah untuk pengambilan keputusan dalam menentukan bahan makanan apa yang sebaiknya dipergunakan atau diolah dan bagaimana metode yang baik dalam hal penyimpanan serta kandungan gizi dan kimia apa yang terdapat pada makanan olahan tersebut agar memenuhi permintaan pasar. Dalam proses pengambilan keputusan untuk produksi makanan baru. Perusahaan industri makanan tersebut akan memerlukan data dari berbagai sumber, seperti pemasok bahan mentah, informasi gizi dari kandungan makanan, persyaratan kesehatan untuk kandungan makanan, bahan pengawetan ataupun penyimpanan untuk hasil penyimpanan.

Sebagai ilustrasi struktur yang terlibat dalam sistem pengambilan keputusan ini adalah :

1. Struktur industri makanan itu sendiri, konsep akan terdiri dari :
 - Bentuk perusahaan, yaitu perusahaan kecil, sedang, medium, dan besar.
 - Cakupan Perusahaan, yaitu perusahaan lokal, nasional, dan internasional.
 - Proses Produksi, yaitu tradisional, *semi automatic*, *automatic*.
 - Komposisi, yaitu komposisi kimia, komposisi organik.
 - Tipe makanan, yaitu tumbuhan, daging, makanan laut, dan campuran.
2. Struktur Supplier yang berfungsi untuk menyalurkan bahan-bahan produksi ke industri tersebut, konsepnya adalah :
 - Komposisi, unsur kimia dan unsur organik.
 - Harga.
 - Tipe produksi, terdiri dari produksi penuh, setengah produksi, dan bahan mentah.
3. Sedangkan untuk konsep yang ke tiga adalah struktur pendukung produksi lainnya, seperti dari :
 - Keinginan konsumen yang diperkirakan membutuhkan produksi tersebut.
 - Informasi kandungan kimia dari produk, termasuk perhatian terhadap masalah halal.
 - Pengemasan setelah proses produksi, yaitu botol, plastik, kaleng.

Dari berbagai sumber di atas, setiap sumber dapat memiliki semantik dan representasi yang berbeda. Karena sifat setiap sumber informasi adalah otonomi, maka dapat berubah isi dan konsepnya setiap waktu tanpa memerlukan persetujuan dari pihak lain ataupun administrasi.



Pada eksperimen kami, kami membandingkan dengan ada 1 sumber lokal (perusahaan industri makanan) dan ada 4 sumber luar (pemasok bahan mentah, pemasok *packaging*, survei konsumen, dan Departemen Kesehatan). Kami membandingkan untuk pendekatan tradisional menggunakan pendekatan translator *database* dengan *tool MS Access*. Untuk pendekatan modern kami menggabungkan pendekatan mediasi dan ontologi dengan menggunakan *tool Protégé* yang memanfaatkan *RDF/OWL* dan *query tab*. Hasil yang didapat adalah :

1. Pendekatan tradisional, lebih cepat dibangun pada kondisi inisial pada sumber informasi yang relatif kecil dan statis. Hasil *query* dapat mengakses data secara detail dan tepat, karena menggunakan translator *point-to-point*. Tetapi ketika sistem dinamis dengan dilakukan perubahan konsep sumber informasi ataupun menambah sumber informasi, maka pembuatannya translator akan memakan waktu dan tingkat kebenaran akses informasi menjadi rendah.
2. Pendekatan modern, memerlukan pembangunan ontologi yang lebih hati-hati, sehingga pada saat inisial memerlukan waktu relatif lebih lama. Tetapi sayangnya pada percobaan kami, tidak dilakukan untuk jumlah sumber informasi yang banyak (katakan di atas 100 sumber), jika ini yang terjadi kemungkinan perbedaan tidak terjadi atau bahkan pendekatan modern lebih cepat. Akses ke data pada kondisi inisial tidak seakurat dengan translator *point-to-point*. Pendekatan modern sangat fleksibel untuk menghadapi kondisi dinamik, baik karena perubahan konsep ataupun jumlah dari sumber informasi.

Mengacu kepada hasil percobaan di atas maka pendekatan tradisional sesuai untuk kondisi dimana jumlah sumber informasi adalah kecil dan statis. Sementara untuk pendekatan modern lebih sesuai untuk interoperabilitas informasi dengan sumber informasi yang besar, otonomi, heterogen dan dinamis. Sehingga pemilihan pendekatan mana yang digunakan adalah tergantung kepada kebutuhan sumber informasi pada pengambilan keputusan. Bahkan juga dimungkinkan untuk menggabungkan kedua pendekatan tersebut.

4. Penutup

Sejak awal tahun 80an, kebutuhan pertukaran informasi antara berbagai sumber telah dimulai. Berbagai arsitektur juga telah ditemukan untuk mengatasi berbagai kendala. Pengambilan keputusan pada saat ini semakin tergantung kepada teknologi informasi dan ketepatan sumber informasi. Tetapi beberapa masalah dalam mengakses informasi terjadi seperti keragaman format data, keragaman teknologi, keragaman konsep data. Teknologi Internet juga semakin menambah kedinamisan dan jumlah sumber informasi.

Pada *paper* ini kami mencoba memberikan kontribusi dengan membandingkan pendekatan tradisional dan modern untuk mengakses informasi sesuai dengan kondisi sekarang. Dari hasil percobaan sementara, bahwa pendekatan modern memang lebih sesuai untuk kondisi yang otonomi dan dinamis. Tetapi juga harus mempertimbangkan ada berbagai kegiatan pengambilan keputusan yang menggunakan sumber informasi yang relatif statis. Pendekatan tradisional memiliki keunggulan pada kondisi sumber informasi yang statis.

Pada langkah ke depan akan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk berbagai proses industri dalam pengambilan keputusan dengan memanfaatkan mediasi dan ontologi pada sistem *loosely couple*.

Daftar Pustaka

- [1]. Berners-Lee, T., J. Hadler, and O. Lasila, May 2001, TB, *The Semantic web*, Scientific American
- [2]. Hearst, M.A, August 2002, MAH, *Trends and Controversies Information Integration*, IEEE Intelligent System, p.12-24
- [3]. Heflin, J, J. Hendlin, and S. Luke, 2003, JH, *SHOE: a Blueprint for the Semantic web*, <http://www.cse.lehigh.edu/heflin/pubs/swbook03.pdf>
- [4]. Nicolle, C, JC Simon, and K. Yetongon, 2003, CN, *An Overview of issues for the Interoperability of Information Systems*, Encyclopedia of Information Systems, 10(1)
- [5]. Sheth, AP, 1999, APS, *Changing Focus on Interoperability in Information Systems: From System, Syntax, Structure to Semantic*, Proc of Interoperation GIS, p.5-29
- [6]. Wicaksana, IWS, 2004, *Technical Report: Survey Information Integration*, University of Burgundy
- [7] Wicaksana, IWS, 2006, Desertasi Doktor : *A Peer to Peer (P2P) Based Semantic Agreement Approach for Spatial Information Interoperability*, Universitas Gunadarma, Jakarta

