

Pembuatan Metadata Otomatis untuk Mendukung Interoperabilitas Tingkat Infrastruktur Data Spasial

M. Manso-Callejo, M. Wachowicz, M. Bernabé-Poveda
Departemen Teknik Topografi dan Kartografi, Universitas Teknik Madrid
ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, Ctra.
Valencia Km. 7,5 28031- Madrid (Spanyol)
{ m.manso@upm.es , monicawachowicz@gmail.com , ma.bernabe@upm.es }

Abstrak:

Interoperabilitas dalam Infrastruktur Data Spasial (*SDI*) adalah subjek yang berkembang penuh dan tujuan dengan banyak kekurangan sejauh menyangkut definisi standar untuk transfer dan pertukaran data geografis, integrasi jenis data yang berbeda, dan model semantik yang komprehensif. Ada banyak literatur yang tersedia tentang model interoperabilitas yang berisi tingkat interoperabilitas yang berbeda, termasuk tingkat teknologi, sintaksis dan semantik. Namun, penelitian yang sangat terbatas telah dilakukan pada pengembangan model interoperabilitas untuk implementasi Infrastruktur Data Spasial (*SDI*). Makalah ini memberikan tinjauan singkat tentang kemajuan utama terkait interoperabilitas *SDI*. Juga membahas tentang peran penting elemen metadata dalam formalisasi model interoperabilitas untuk implementasi *SDI*.

Kami mengusulkan model interoperabilitas terintegrasi berdasarkan definisi template umum yang mengintegrasikan tujuh tingkat interoperabilitas: teknis, sintaksis, semantik, pragmatis, dinamis, konseptual, dan organisasional. Implementasinya dilakukan dengan produksi otomatis metadata ISO19115. Akhirnya, hasil menguraikan kekuatan dan kekurangan dalam hal tingkat interoperabilitas dinamis *SDI* berdasarkan elemen metadata ISO19115.

Kata Kunci: *SDI*, Model Interoperabilitas, Metadata. 1.

PERKENALAN

Dua definisi umum dari *SDI* telah disediakan: 1) buku masak *SDI* versi 2.0 "Infrastruktur Data Spasial" (*SDI*), yang sering digunakan untuk menunjukkan kumpulan dasar yang relevan dari teknologi, kebijakan dan pengaturan kelembagaan yang memfasilitasi ketersediaan dan akses ke data spasial (GSDI 2004 hal. 8), dan 2) *SDI* memasukkan teknologi, sistem, standar, jaringan, orang, kebijakan, aspek organisasi, data referensi geografis, dan mekanisme pengiriman ke pengguna akhir (Georgiadou, Puri, dan Sahay 2005, Williamson 2004).

SDI menyediakan dasar untuk penemuan, evaluasi, dan aplikasi data spasial bagi pengguna, mempromosikan lingkungan yang andal untuk memfasilitasi akses ke informasi geografis dan perjanjian, organisasi, dan program yang diperlukan untuk berkoordinasi *SDI* pada skala yang berbeda (Béjar *dkk.* 2008; GSDI 2004).

Georgiadou, Puri, dan Sahay (2005) mempertimbangkan hal itu *SDI* harus ditangani dari sudut pandang teknis dan sosial. Mereka menyatakan itu *SDI* adalah kasus khusus Infrastruktur Informasi (*II*), secara khusus diarahkan pada informasi geografis, menurut Bernard *dkk.* (2005). Béjar *dkk.* (2008) mengusulkan kerangka kerja lain untuk mendukung *SDI* penelitian seperti System of Systems (*SoS*) komposisi, dalam arti yang dikemukakan oleh Maier (1996). Sebelum meninjau hubungan antara *II* dan *SoS*, kesimpulan utama dari proposal ini adalah bahwa istilah-istilah ini digunakan untuk merujuk pada konsep yang serupa dari perspektif yang berbeda, *SoS* menjadi istilah yang lebih luas. Hubungan ini memberikan kerangka kerja konseptual baru untuk dipelajari *SDI*.

Sebagai hasil dari tinjauan yang dilakukan untuk menentukan keadaan seni interoperabilitas dalam *SIG* konteks (Manso dan Wachowicz 2009), kami berencana untuk meneliti interoperabilitas di SoS, penggunaan level non-hierarki dan definisi model yang memungkinkan pengukuran interoperabilitas antar sistem. Sebagai hasil dari penelitian yang dilakukan pada interoperabilitas sistem, yang telah kami tangani *SDS* saya sebagai seorang *SoS*, kami telah mengajukan Model Interoperabilitas Berdasarkan Metadata untuk *SDI* (*IMBM-SDI*) (Manso, Wachowicz dan Bernabé, 2009). Model ini terdiri dari tingkat teknis, sintaksis, semantik, pragmatis, dinamis dan konseptual - sebagaimana didefinisikan oleh "Tingkat Model Interoperabilitas Konseptual", *LCIM*) - di mana tingkat organisasi telah ditambahkan, mengumpulkan aspek hukum, kebijakan data dan tanggung jawab di antara aspek-aspek lainnya. Selain menentukan tingkat, model terintegrasi terdiri dari *SDI* perspektif, item metadata ISO 19115 (2003) dianalisis sehubungan dengan interoperabilitas yang mereka sediakan. Ide yang sama juga telah digunakan oleh Tolk, Diallo dan Turnitsa (2007) dengan menerapkan *LCIM* model dalam desain *SoS* mendukung integrasi, interoperabilitas dan orkestrasi atau rangkaian sistem.

Metadata adalah elemen kunci untuk Infrastruktur Informasi (*II*), khususnya untuk *SDI*. Selain menjalankan fungsi penemuan, evaluasi, akses dan penggunaan (Gayatri & Ramachandran 2007, Johnston 2005, GSDI 2004, Gilliland-Swetland 2000, Beard, 1996), mereka mungkin mendukung interoperabilitas. Dalam pengertian ini Tolk, Diallo y Turnitsa (2007) menyatakan bahwa 'kita bergerak menuju "Web Dinamis", mendukung orkestrasi dan penyelarasan komponen tangkas setidaknya hingga lapisan dinamis dengan metadata standar'. Di kami *IMBM-SDI* model kami juga telah memverifikasi bahwa tingkat interoperabilitas utama yang didukung oleh metadata ISO 19115 adalah tingkat semantik, dinamis dan organisasi.

West dan Hess (2002) dan Guptill (1999) menyatakan bahwa pembuatan konten secara manual yang cukup menggambarkan kumpulan geodata adalah pekerjaan yang membosankan dan membosankan yang menghabiskan banyak sumber daya, selain rentan terhadap kesalahan. Anderson dan Pérez-Carballo (2001) menyatakan bahwa metadata yang dibuat oleh prosedur otomatis cenderung lebih efisien, lebih konsisten, dan hemat biaya daripada metadata yang dibuat secara manual.

Tujuan dari makalah ini adalah untuk menunjukkan bahwa metadata yang sesuai dengan ISO19115 secara otomatis diproduksi untuk sebuah dataset, mendukung interoperabilitas sistem dalam *SDI*. Mengingat pentingnya interoperabilitas dinamis dan kompleksitas standar metadata dalam komposisi layanan, ruang lingkup demonstrasi ini terbatas pada item metadata yang mampu diproduksi secara otomatis dan mendukung tingkat interoperabilitas tersebut.

Sisa dari makalah ini disusun sebagai berikut. Bagian 2 mengulas tingkat interoperabilitas yang dijelaskan dalam literatur dan terkait dengan *SDI*; penulis paling terkemuka ditunjukkan. Bagian 3 menjelaskan arti dan tujuan dari level dalam "Model Interoperabilitas Terintegrasi untuk *SDI*". Bagian 4 menjelaskan peran metadata pada tingkat interoperabilitas model terintegrasi. Bagian 5 menyebutkan item metadata yang mendukung interoperabilitas dinamis dan dapat dihasilkan secara otomatis dengan ekstraksi, komputasi atau inferensi; deskripsi tentang bagaimana menghasilkan metadata disertakan. Di Bagian 6, kesimpulan dan jalur penelitian masa depan disajikan.

2 TINGKAT INTEROPERABILITAS DASAR

Di *SDI* komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang berbeda, persediaan, kebijakan, prosedur, dan orang harus saling beroperasi, untuk penyimpanan, pemrosesan, dan memungkinkan akses ke data spasial. Interoperabilitas memiliki banyak arti, termasuk aspek komunikasi, pertukaran, kerjasama, dan berbagi informasi antar sistem. Faktanya, file

Inti dari interoperabilitas adalah hubungan antar sistem, dimana setiap hubungan merupakan bentuk komunikasi, pertukaran, kerjasama dan berbagi (Carney *dkk.* 2005). Biasanya perbedaan definisi interoperabilitas berbeda dalam hal deskripsi hubungan dan komponen sistem. Beberapa fokus pada sistem dan komponen perangkat keras, yang lain pada layanan untuk memberikan informasi dan komponen berbagi informasi, dan yang lainnya tentang bagaimana menggunakan informasi yang dipertukarkan dengan cara yang berarti tanpa manipulasi khusus (Ford *dkk.* 2007, Flater 2002, Buehler dan McKee 1998). Sebaliknya, definisi interoperabilitas yang diusulkan oleh organisasi kebijakan telah menekankan proses keterlibatan yang diperlukan untuk bertukar dan menggunakan kembali informasi. Beberapa penulis menunjukkan bahwa proses seperti itu harus memastikan bahwa sistem, prosedur, dan budaya organisasi dikelola sedemikian rupa untuk memaksimalkan peluang pertukaran dan penggunaan kembali informasi, baik secara internal maupun eksternal (Dekkers 2007, Nedovic-Budic dan Pinto 2001, Miller 2000).

Tingkat interoperabilitas adalah seperangkat kriteria dan proses terkait untuk menilai kapabilitas sistem dalam konteks tingkat interoperabilitas yang diperlukan. Beberapa tingkatan telah diusulkan dalam literatur sesuai dengan interoperabilitas yang dibutuhkan: semantik, sintaksis, teknis, organisasi, skema atau struktural, pragmatis, dinamis, sosial, hukum, dan lain-lain.

Semantik Interoperabilitas terkait dengan makna informasi. Beberapa penulis telah menekankan perlunya model referensi umum untuk pertukaran informasi dan interpretasi konsep (Turnitsa dan Tolk 2006, Kalantari). *dkk.* 2006, Antonovic dan Novak 2006). Fakta bahwa ruang geografis mungkin memiliki lebih dari satu deskripsi ditangani sebagai heterogenitas semantik (Kuhn dan Raubal 2003). Taksonomi standar dalam domain yang terkait dengan geografi serta pendekatan baru untuk deskripsi kedekatan semantik antara objek adalah tujuan dari level ini (Probst 2006, Rodríguez dan Egenhofer 2003).

Itu *Sintaksis* Tingkat interoperabilitas menyediakan struktur umum untuk bertukar informasi (Turnitsa dan Tolk 2006) atau format pesan umum (Shekhar 2004).

Standar komunikasi, transportasi, penyimpanan dan representasi dipahami sebagai *Teknis* Aspek interoperabilitas (Miller 2000), dan system linking adalah tujuan dasarnya (Scheckerman 2004).

Itu *Pragmatis* Interoperabilitas berkaitan dengan pertukaran layanan dan pemrosesan (Shanzhen *dkk.* 1999). Tingkat ini dicapai ketika sistem interoperating menyadari metode dan prosedur yang digunakan masing-masing (Turnitsa dan Tolk, 2006).

Itu *Organisasi* Kesepakatan interoperabilitas dengan memungkinkan proses kerjasama dengan mendorong kemitraan di antara organisasi untuk membantu praktik terbaik dalam berbagi data (Lance *dkk.* 2008, Georgiadou dan Harvey 2007).

Interpretasi model abstrak oleh pihak ketiga merupakan tujuan utama dari *Konseptual* Tingkat interoperabilitas (Turnitsa dan Tolk 2006), sedemikian rupa sehingga model dapat didokumentasikan dengan metode teknik. Beberapa penulis telah mempelajari tipe data yang berbeda, inkonsistensi label, perbedaan agregasi dan konflik generalisasi (Shekhar 2004, Bishr 1998, Goh 1997).

Ketika sistem dapat mendeteksi perubahan status dan memanfaatkan perubahan tersebut (Turnitsa dan Tolk 2006) atau ketika sistem dapat menemukan sumber daya untuk

penggunaannya berdasarkan keberadaan metadata standar (Shanzhen *dkk.* 1999), *Dinamis* Interoperabilitas tercapai.

Hak milik intelektual (*AKU P*) hak (Miller 2000) dan arahan, aturan, parameter dan instruksi untuk pengelolaan alur kerja bisnis, dan mempertimbangkan penggabungan informasi dan komunikasi dalam bisnis administrasi pertanahan (Kalantari *dkk.* 2006) adalah semua aspek yang ditangani oleh Interoperabilitas Hukum.

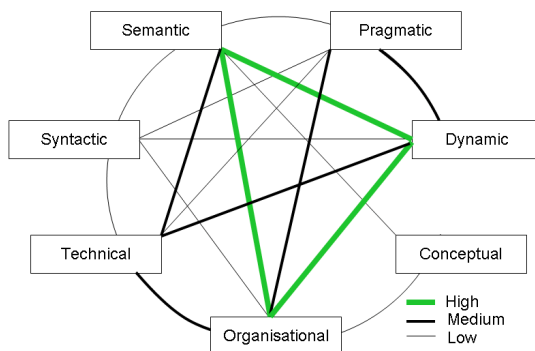
Interoperabilitas Sosial mengidentifikasi aspek-aspek seperti minat, keyakinan, harapan, dan komitmen (Assche 2006, Mohammadi *dkk.* 2006).

Dengan asumsi bahwa sekumpulan besar sistem dan *SDI* harus beroperasi dalam waktu dekat, kami mengklaim bahwa akan ada kebutuhan untuk mempelajari kompleksitas hubungan antara tingkat interoperabilitas *SoS*, dan untuk mengembangkan model interoperabilitas baru. Salah satu contoh diberikan oleh desain Sistem Sistem Pengamatan Bumi Global yang bertujuan untuk menyediakan alat pendukung keputusan kepada berbagai macam pengguna (GEOSS 2008).

3 MODEL INTEROPERABILITAS TERINTEGRASI UNTUK SDI

Seperti yang telah kami jelaskan dalam 'Menuju Model Terpadu Interoperabilitas untuk Infrastruktur Data Spasial' (Manso et al. 2009), sebelum meninjau tingkat dan model interoperabilitas, beberapa tingkat tidak berkaitan dengan konteks ini dan beberapa termasuk dalam tingkat lain. Model interoperabilitas terintegrasi untuk SDI terdiri dari tingkatan: Teknis, Sintaksis, Semantik, Dinamis, Pragmatis, Konseptual dan Organisasi. Model terintegrasi kami mengasumsikan asosiasi di semua tingkat interoperabilitas dengan intensitas yang berbeda. Gambar 1 menyajikan gambaran umum dari hubungan berpasangan yang dihasilkan dari model interoperabilitas kami.

Gambar 1: Model Interoperabilitas Terintegrasi untuk SDI.



Arti dan tujuan dari level-level ini dirangkum di bawah ini.

Interoperabilitas teknis adalah tingkat yang memungkinkan interkoneksi sistem melalui protokol komunikasi umum yang memungkinkan pertukaran informasi pada tingkat yang paling dasar: bit dan byte. Mengenai *SDI*, interoperabilitas teknis adalah serangkaian aspek teknis: kumpulan karakter, pengkodean karakter, pengidentifikasi file, deskripsi lingkungan pemrosesan, nama file, jenis dan versi layanan, ukuran transfer, format dan versi file, sarana penyimpanan, tautan dan protokol.

Interoperabilitas sintaksis adalah tentang pertukaran informasi antar sistem dengan menggunakan format atau struktur data umum, bahasa, logika, register dan file. Aspek kunci adalah standar atau spesifikasi format yang menyusun informasi, sehingga informasi tersebut dapat diinterpretasikan dan diproses. Skema XML (*XSD*) ditentukan oleh Open Geospatial Consortium (*OGC*) adalah praktik yang baik yang memungkinkan interoperabilitas sintaksis.

Interoperabilitas semantik adalah tentang pertukaran informasi menggunakan kosa kata umum bersama yang menghindari ketidakakuratan atau campur-baur saat menafsirkan arti istilah. *Bahasa Deskripsi Layanan Web (WSDL)*, itu *Protokol Akses Objek Sederhana (SABUN MANDI)* di tingkat interkoneksi layanan atau *Bahasa Markup Geografis (GML)* untuk transfer vektor GI, dan *Style Layer Description (SLD)* untuk definisi gaya visualisasi adalah praktik yang baik yang memungkinkan interoperabilitas semantik.

Interoperabilitas dinamis memungkinkan sistem untuk mengawasi sistem lain dan menanggapi perubahan yang terdeteksi dalam transfer informasi atau penundaan waktu, memanfaatkannya. Untuk mengaktifkan peralihan dari penggunaan satu layanan ke layanan lainnya dengan mengawasi fungsi jaringan dan layanan lainnya, sistem memerlukan kemampuan penemuan dinamis dari layanan yang memenuhi persyaratan yang diminta. Inisiatif seperti tema data spasial dari Directive 2007/2 / EC, diklasifikasikan ke dalam metadata kategori topik membantu menjaga keandalan pertukaran layanan dinamis.

Interoperabilitas konseptual adalah tentang mengetahui dan mereproduksi fungsi sistem berdasarkan dokumentasi yang biasanya disimpan dalam format yang digunakan dalam Teknik. Aspek interoperabilitas konseptual adalah aspek yang mendeskripsikan data dan model sistem dalam format dokumentasi standar dari sudut pandang teknik. *OGC WFS mendeskripsikan FeatureType* respons yang berisi skema aplikasi GML adalah praktik interoperabilitas konseptual yang baik.

Interoperabilitas organisasi memungkinkan pengetahuan tentang target bisnis, model proses, peraturan dan kebijakan akses dan penggunaan data dan layanan. Ini berkaitan dengan aspek yang terkait dengan ekspektasi, kontrak, dan budaya. Pengetahuan tentang tujuan, tanggung jawab, akses dan kebijakan penggunaan dianggap sebagai kendala atau sebagai informasi identifikasi yang berguna untuk mengevaluasi penggunaan elemen metadata.

Kami memajukan model interoperabilitas yang, selain model yang diusulkan oleh *LCIM*, termasuk tingkat interoperabilitas organisasi, di mana aspek hukum dan hubungan antara penyedia data dan pengguna dibingkai, seperti yang disebutkan di atas dalam Pendahuluan, bersama dengan definisi *SDI*.

Meskipun ruang lingkup model interoperabilitas terintegrasi telah ditetapkan *SDI*, kami percaya bahwa itu juga dapat digunakan dalam konteks yang lebih luas, seperti *SoS*.

4 PERAN METADATA DALAM MODEL METADATA TERINTEGRASI

Seperti disebutkan di atas, metadata dalam *II*, dan khususnya di *SDI*, memungkinkan penemuan, evaluasi, akses dan fungsi penggunaan. Pemanfaatan metadata yang lebih luas dan ditingkatkan memungkinkan penemuan dan akses ke data, seperti yang kita amati dalam Aturan Implementasi INSPIRE (*IR*) Metadata. Namun, dari perspektif interoperabilitas sistem, beberapa penulis menyoroti kegunaan metadata untuk memungkinkan tingkat interoperabilitas yang berbeda di *LCIM* model (Tolk, Diallo dan Turnitsa 2007). Para penulis ini menekankan kegunaan metadata untuk komunikasi di antara agen perangkat lunak cerdas, 'untuk mengkomunikasikan tentang situasi', 'untuk memungkinkan agen perangkat lunak memilih komponen yang berbeda dan menyusunnya untuk mengevaluasi hipotesis alternatif', 'untuk mendukung pembuat keputusan' dan

akhirnya 'untuk mendukung orkestrasi dan penyalarsan komponen tangkas setidaknya hingga lapisan dinamis'.

Di bawah konteks SDI, metadata telah dianggap sebagai elemen yang mendukung fungsi penemuan, evaluasi, akses dan penggunaan yang terutama berorientasi pada pengguna manusia. Sejak *SoS* Perspektif, metadata memungkinkan komunikasi antara agen cerdas, evaluasi hipotesis, mendukung pengambil keputusan dan orkestrasi komponen dalam konteks dinamis. Dalam waktu dekat agen perangkat lunak cerdas dapat menjalankan komponen SDI menggunakan metadata geospasial. Dalam skenario ini, tingkat interoperabilitas yang disediakan oleh metadata adalah penting. Kurangnya studi tentang analisis tingkat interoperabilitas yang disediakan oleh item metadata ISO19115 memperkuat pertimbangan kami.

Dalam Bagian ini hasil analisis tersebut disajikan. Tabel 1 menunjukkan jumlah item metadata yang mendukung tingkat interoperabilitas yang berbeda dari model terintegrasi secara individual. Nilai-nilai ini dapat diapresiasi dalam diagonal utama Tabel 1. Nilai-nilai lainnya menunjukkan jumlah item yang mendukung dua tingkat interoperabilitas secara bersamaan.

Tabel 1: Elemen metadata dihitung untuk setiap tingkat interoperabilitas dan hubungan simultan.

	Organisasi	Semantik	Dinamis	Teknis	Pragmatis	Konseptual	Sintaksis
Organizational	229	181	143	22	19	7	3
Semantik	181	196	127	11	4	143	6
Dinamis	127	151	102	21	22	11	10
Teknis							
Pragmatis	19	4	21	8	24	0	0
Konseptual	7	6	0	0	0	7	0
Sintaksis	3	3	4	3	3	0	6

Hasil studi klasifikasi telah menunjukkan bahwa elemen metadata yang mendukung interoperabilitas semantik (196) juga memberikan tingkat interoperabilitas yang dinamis (127/196 - intensitas tinggi) dan organisasi (181/196 - intensitas tinggi). Hasil yang sama dapat diamati untuk interoperabilitas dinamis dan organisasi. Tingkat interoperabilitas yang paling tidak disukai oleh item metadata dari Standar ISO19115 adalah tingkat sintaksis, konseptual, pragmatis dan teknis.

Kita dapat mengatakan bahwa Model Interoperabilitas Berdasarkan Metadata untuk SDI (*IMBM-SDI*) bukanlah model hierarki di mana tingkat yang lebih tinggi membutuhkan semua tingkat yang lebih rendah; sebagai gantinya, setiap tingkat mungkin memerlukan fungsionalitas dari tingkat interoperabilitas non-bawahan lainnya. Model interoperabilitas terintegrasi yang diusulkan mungkin secara metaforis dibandingkan dengan protokol komunikasi TCP / IP dan model lain yang diusulkan dalam literatur seperti *LCIM*, menyarankan struktur hierarki dalam gaya protokol komunikasi ISO.

Studi ini juga memungkinkan penentuan kumpulan item metadata yang memberikan tingkat interoperabilitas tertentu, serta menyediakan beberapa level secara bersamaan (misalnya level semantik dan dinamis).

Analisis mendalam dari informasi ini mungkin berguna untuk menentukan sekumpulan inti item metadata yang harus memaksimalkan interoperabilitas dengan metadata minimum atau memastikan interoperabilitas minimum berdasarkan metadata. Analisis ini mungkin dilakukan sambil memikirkan masa depan, sehingga ahli dan sistem otomatis akan dapat memanfaatkannya *SDI* fungsionalitas dan kapabilitas.

Seperti telah dikomentari, pembuatan metadata geospasial secara manual adalah pekerjaan membosankan yang menghabiskan sumber daya dan rawan kesalahan. Hal ini memotivasi kami untuk mempelajari produksi metadata otomatis untuk mendukung tingkat interoperabilitas yang dinamis.

5 PRODUKSI METADATA OTOMATIS UNTUK MENDUKUNG INTEROPERABILITAS: PENGUNAAN KASUS INTEROPERABILITAS DINAMIS

Pada bagian ini item metadata yang mendukung interoperabilitas dinamis dan secara otomatis diproduksi oleh ekstraksi, komputasi dan inferensi disebutkan, seperti yang dikemukakan oleh Beard (1996).

Pada tahap pertama, untuk mencapai tujuan ini, item metadata telah diadopsi, memberikan interoperabilitas dinamis yang dihasilkan dari analisis yang dilakukan untuk menentukan model interoperabilitas terintegrasi. Pada tahap kedua, telah dilakukan penggunaan pengetahuan yang diperoleh dengan menyelidiki data yang dapat secara otomatis diambil dari berbagai jenis Informasi Geografis (*GI*) (*raster*, *vektor*, dan *Model Medan Digital - DTM*), untuk memilih item metadata yang dapat memberikan interoperabilitas dinamis dan diperoleh secara otomatis. Pada tahap ketiga, sisa item telah dianalisis dengan tujuan mempertimbangkan apakah mungkin untuk menetapkan nilainya, dengan melakukan semacam penghitungan atau memperoleh informasi berdasarkan informasi lain yang tersedia.

Tabel 2 menunjukkan hasil dari ketiga tahap ini. Setelah penyajiannya, kami akan merefleksikan teknik yang digunakan agar dapat menghasilkan item metadata ini secara otomatis.

Tabel 2 berisi 5 kolom.

Kelas yang memiliki item tersebut ditampilkan di kolom pertama.

Item tersebut diidentifikasi di kolom kedua.

Item yang diklasifikasikan sebagai "P" (diproduksi: diekstrak, dihitung atau diturunkan) atau sebagai "M" (dapat muncul berkali-kali sesuai dengan tipe data) diidentifikasi di kolom ketiga.

Item yang hanya berlaku untuk jenis tertentu *GI* ("R" = data raster; "D" = DTM dan "V" = data vektor) diidentifikasi di kolom keempat.

Penjelasan tentang isi dan penjelasan muncul di kolom kelima.

Tabel 2: Metadata otomatis produksi elemen memungkinkan interoperabilitas dinamis.

MD_Metadata: Dikemas	Elemen metadata	(P) Diproduksi; (M) Beberapa nilai	(R: Raster, V: Vektor, D: DTM)	Penjelasan
distributionInfo: distributionFormat	cap tanggal	P.		Tanggal, waktu pembuatan metadata Tersirat
distributionInfo: distributionFormat	nama	P.		pada penyimpanan GI.
distributionInfo: distributionFormat	Versi: kapan	P.		Beberapa toko memiliki versi Beberapa
contentInfo:MD_CoverageDescription	fileDecompressionTechnique	P.		penyimpanan (terutama citra)
	Jenis konten	P.	R	menggunakan teknik kompresi Data raster dan grid harus dibedakan

contentInfo: MD_CoverageDescription: dimensi: MD_RangeDimension contentInfo: MD_CoverageDescription: dimensi: MD_Band	sequenceIdentifier	M	R	Nomor pita
	maxValue	M	R	Nilai maksimum piksel atau sel
contentInfo:MD_CoverageDescription: dimensi: MD_Band	minValue	M	R	Nilai minimum piksel atau sel
contentInfo:MD_CoverageDescription: dimensi: MD_Band	unit	M	R	Ketika data grid memiliki unit terkait sebagai DTM
contentInfo: MD_CoverageDescription: dimensi: MD_Band	bitPerValue	M	R	Jumlah bit yang digunakan untuk menyandikan pita
contentInfo: MD_ContentInformation: MD_FeatureCatalogueDescription contentInfo: MD_ContentInformation spatialRepresentationInfo: MD_GridSpatialRepresentation	includeWithDataset	P.		Ketika data grid memiliki kategori terkait seperti gambar yang diklasifikasikan
	fiturTipe	P.		Nama untuk setiap tipe fitur
	numberOfDimensions	M	R	Biasanya 2
spatialRepresentationInfo: MD_GridSpatialRepresentation	cellGeometry	M	R	Bergantung pada apakah kisi atau gambar diperbaiki; bisa menjadi titik atau area
spatialRepresentationInfo: MD_GridSpatialRepresentation	transformasiParameterAvailability		R	Jika GI menyimpan informasi tentang titik kontrol.
spatialRepresentationInfo: MD_GridSpatialRepresentation: axisDimensionProperties: MD_Dimension	dimensionName	M	R	Grid dan gambar, baris atau kolom
axisDimensionProperties: MD_Dimension	dimensionSize	M	R	Jumlah baris atau kolom
spatialRepresentationInfo: MD_GridSpatialRepresentation: axisDimensionProperties: MD_Dimension: resolution	nilai	M	R	Ukuran piksel pada petak dan raster diperbaiki
axisDimensionProperties: MD_Dimension: resolution	unit	M	R	Satuan ukuran resolusi jika diketahui
spatialRepresentationInfo: MD_VectorSpatialRepresentation	topologiLevel	M	V.	Untuk data vektor, informasi topologi tentang data.
spatialRepresentationInfo: MD_VectorSpatialRepresentation: geometricObjects: MD_GeometricObjects	geometricObjectType	M	V.	Jenis elemen geometri. Satu per jenis menginformasikan tentang jenis.
spatialRepresentationInfo: MD_VectorSpatialRepresentation: geometricObjects: MD_GeometricObjects	geometricObjectCount	M	V.	Jumlah elemen objek per jenis
identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: kutipan: CI_Citation	judul	P.		Judul disimpulkan untuk dataset, berdasarkan BBOX, informasi waktu dan informasi lain yang dapat diekstraksi, dihitung atau disimpulkan.
Identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: kutipan: CI_Citation: tanggal: CI_Date	tanggal	P.		Tanggal, waktu pembuatan metadata
Identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: kutipan: CI_Citation: tanggal: CI_Date	dateType	P.		Penciptaan
identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: resourceFormat: MD_Format	nama	P.		Sama seperti format distribusi
identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: resourceFormat: MD_Format	Versi: kapan	P.		Sama seperti format distribusi
identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: resourceFormat: MD_Format	fileDecompressionTechnique	P.		Sama seperti format distribusi
identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: resourceSpecificUsage: MD_Usage	userDeterminedLimitations	P.		Beberapa penyimpanan set data menggunakan batasan. Dalam hal ini, ekstrak dan sertakan
Identifikasi: MD_Identification: MD_DataIdentification: resourceConstraints: MD_LegalConstraints	useConstraints	P.		Beberapa penyimpanan set data menggunakan batasan. Dalam hal ini, ekstrak dan sertakan
identifikasi: MD_Identification: deskriptifKeywords: MD_Keywords	kata kunci	P.		Berdasarkan analisis dataset raster, jenis konten dapat disimpulkan. Kemudian beberapa kata kunci yang termasuk dalam tesaurus dapat disimpulkan.
identifikasi: MD_Identification: deskriptifKeywords: MD_Keywords	Tipe	P.		Jenis kata kunci
Identifikasi: MD_Identification: deskriptifKata kunci: MD_Keywords: tesaurusNama: CI_Citation	judul	P.		Nama Tesaurus
identifikasi: MD_Identification: deskriptifKata kunci: MD_Keywords: tesaurusNama: CI_Citation	tanggal	P.		Kata kunci tesaurus tanggal
identifikasi: MD_Identification: deskriptifKeywords: MD_Keywords: tesaurusNama: CI_Citation	dateType	P.		jenis tanggal tesaurus
identifikasi: MD_Identification: spatialResolution: MD_Resolution	spatialRepresentationType	P.		Dari tipe representasi dataset dapat diekstraksi.
identifikasi: MD_Identification: spatialResolution: MD_Resolution: equivalentScale: MD_RepresentativeFraction	distance	M	R	Untuk raster dan grid yang diperbaiki, ukuran piksel dapat digunakan untuk menentukan jarak resolusi
identifikasi: MD_Identification: luas: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicBoundingBox	penyebut	M	R	Dari resolusi jarak penyebut dapat dihitung, tetapi hanya satu yang dibutuhkan.
identifikasi: MD_Identification: luas: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicBoundingBox	rangeTypeCode	P.		1 (benar: inklusi)
identifikasi: MD_Identification: luas: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicBoundingBox	westBoundLongitude	P.		Bujur Barat dihitung dari set data yang mengidentifikasi sumber CRS.
identifikasi: MD_Identification: luas: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicBoundingBox	eastBoundLongitude	P.		Bujur Timur dihitung dari set data yang mengidentifikasi sumber CRS.
identifikasi: MD_Identification: luas: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicBoundingBox	southBoundLatitude	P.		Lintang Selatan dihitung dari set data yang mengidentifikasi sumber CRS.
identifikasi: MD_Identification: luas: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicBoundingBox	northBoundLatitude	P.		North Latitude dihitung dari set data yang mengidentifikasi CRS sumber.
Identifikasi: MD_Identification: luasnya: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicDescription: geographicIdentifier: RS_Identifier: otoritas: CI_Citation	judul	P.		Pengenal geografis (toponim) dihitung oleh permintaan balik gazetteer
Identifikasi: MD_Identification: luasnya: EX_Extent: geographicElement: EX_GeographicExtent: EX_GeographicDescription: geographicIdentifier: RS_Identifier: otoritas: CI_Citation: tanggal: CI_Identifier: tanggal: MD_Identification: luas: EX_Extent: geographicElement:	tanggal	P.		Tanggal waktu diekstrak dari metadata gazetteer atau database yang digunakan untuk menghitung toponim
identifikasi: MD_Identification: luasnya: EX_Extent: verticalElement: Ex_VerticalExtent	dateType	P.		publikasi
identifikasi: MD_Identification: luasnya: EX_Extent: verticalElement: Ex_VerticalExtent	nilai minimum	M	D	Untuk set data grid yang berisi DTM, nilai lebih rendah.

identifikasi: MD_Identification: luasnya: EX_Extent: verticalElement: Ex_VerticalExtent	nilai maksimum	M	D	Untuk kumpulan data petak yang berisi DTM, nilai atas. EPSG
referenceSystemInfo: MD_ReferenceSystem: referenceSystemIdentifier: pengenal: RS_Identifier	codeSpace	P.		
referenceSystemInfo: MD_ReferenceSystem: referenceSystemIdentifier: pengenal: RS_Identifier	Versi: kapan	P.		Versi database EPSG
referenceSystemInfo: MD_ReferenceSystem: referenceSystemIdentifier: pengenal: RS_Identifier	kode	P.		Kode EPSG dihitung oleh CRS yang diekstrak dari dataset dan diterjemahkan ke codeSpace ini
referenceSystemInfo: MD_ReferenceSystem: referenceSystemIdentifier: pengenal: RS_Identifier	judul	P.		Database Sistem Referensi Koordinat EPSG
referenceSystemInfo: MD_ReferenceSystem: referenceSystemIdentifier: pengenal: RS_Identifier: otoritas: CI_Citation	tanggal	P.		Tanggal Database EPSG
referenceSystemInfo: MD_ReferenceSystem: referenceSystemIdentifier: pengenal: RS_Identifier: otoritas: CI_Citation: tanggal: CI_Date	dateType	P.		revisi

Sebagian besar dari 54 item disebutkan dalam Tabel 2 diproduksi dengan ekstraksi informasi dari penyimpanan data, baik file, direktori atau database. Itu adalah kasus untuk item: versi format, teknik dekompresi data, jumlah pita, jumlah dan jenis geometri, resolusi geometris piksel, koordinat maksimum dan minimum dalam sistem referensi yang digunakan, informasi tentang batasan dan batasan penggunaan dan akses.

Beberapa di antaranya, mis *cap tanggal* atau nama format dapat diperoleh dari konteks (tanggal pada jam sistem komputer).

Ada juga sejumlah item (12) yang cukup yang dapat dihitung ketika mereka tidak muncul di penyimpanan informasi spasial. Itu adalah kasus nilai radiometrik maksimum dan minimum dari pita pada data raster, penyebut skala dalam data raster, koordinat non-geografis maksimum dan minimum atau pengenal geografis dari koordinat sebelumnya.

Set item lain (> 12) dapat diproduksi dengan menyimpulkan nilainya. Jika jenis konten yang disimpan dalam data spasial (data mining, klasifikasi gambar) entah bagaimana ditentukan, sekumpulan kata kunci yang termasuk dalam thesauri dapat dikonstruksikan untuk mendeskripsikan konten tersebut, dan judul untuk dataset juga dapat disimpulkan. Item penting untuk data juga adalah identifikasi sistem referensi spasial untuk representasi data. Berdasarkan informasi yang disimpan, terkadang mungkin untuk menyimpulkan kode pengenal.

Sebagai kesimpulan pertama, kami dapat menyatakan bahwa dari 151 item metadata yang menyediakan interoperabilitas dinamis, 54 di antaranya dapat diproduksi secara otomatis (35%). Walaupun nilai ini cukup tinggi, namun harus dimaknai dengan hati-hati karena merupakan nilai "pengharapan" yang mewakili plafon produksi otomatis.

Bergantung pada jenis penyimpanan data spasial, sifatnya, dan kemungkinan untuk menentukan jenis konten, nilai-nilai ini dapat berkurang atau meningkat secara nyata karena sejumlah item telah diidentifikasi sebagai elemen yang rentan untuk dinilai secara ganda (kardinalitas > 1).

6 KESIMPULAN DAN PEKERJAAN RISET MASA DEPAN

Infrastruktur Data Spasial (*SDI*) Menggabungkan teknologi, standar, jaringan, orang, kebijakan, aspek dan sistem organisasi seperti yang telah disarankan oleh penulis yang berbeda. *SDI* adalah kasus khusus Infrastruktur Informasi (*IIS*). Sistem Sistem (*SoS*) adalah istilah luas yang mencakup *IIS*. Dari perspektif ini *SDI* dapat ditangani dan dimodelkan sebagai file *SoS*.

Definisi tingkat interoperabilitas telah ditinjau dan disintesis di *SoS* konteks dan Model Interoperabilitas Berdasarkan Metadata untuk Data Spasial

Infrastruktur (*IMBM-SDI*) telah dilamar. Ini didasarkan pada *LCIM* model yang telah diperpanjang dengan interoperabilitas organisasi.

Para penulis *LCIM* Model telah mempelajari bagaimana mencapai interoperabilitas dinamis untuk mengatur dan rantai layanan di *SoS* dan mereka telah berkomitmen pada penggunaan metadata untuk memungkinkan komunikasi antar agen. Kami telah mengikuti saran tersebut dan menganalisis item metadata dari Standar Internasional ISO19115. Tingkat interoperabilitas yang didukung oleh setiap item telah diidentifikasi. Tabel 1 menunjukkan hasil agregat dari analisis. Dikatakan bahwa ini adalah model terintegrasi non-hierarkis.

Seperti yang diantisipasi dalam kesimpulan untuk bagian tersebut, kami bertaruh pada model interoperabilitas baru yang sejalan dengan model yang ada di *SoS* konteks. Kami juga telah menganalisis interoperabilitas yang mungkin mendukung item metadata dari Standar ISO19115.

Telah dikatakan bahwa pembuatan metadata secara manual adalah proses yang lambat dan mahal, rentan terhadap kesalahan dalam metadata; namun kami bertaruh pada metadata sebagai elemen yang mendukung interoperabilitas sistem. Studi ini menunjukkan pada tingkat teoritis bagaimana secara otomatis menghasilkan item metadata yang mendukung interoperabilitas dinamis, dengan mengekstraksi informasi yang disimpan dalam file dan database melalui komputasi atau inferensi.

Hasil yang ditampilkan menunjukkan bahwa persentase yang tinggi dari item metadata yang menyediakan interoperabilitas dinamis - tujuan penelitian yang terbatas - dapat diproduksi secara otomatis. Fakta ini memperkuat hipotesis pembuatan otomatis metadata yang berguna dari sudut pandang interoperabilitas.

Baris penelitian berikut disarankan: 1) Studi item metadata dari sudut pandang interoperabilitas dalam kerangka model terintegrasi yang diusulkan untuk menentukan inti metadata dengan tujuan ini, seperti Standar ISO19115 mengusulkan inti dari perspektif penemuan dan penggunaan sumber daya. 2) Studi metode otomatis untuk menghasilkan metadata yang mendorong interoperabilitas pada berbagai tingkat yang diusulkan dalam model terintegrasi. 3) Implementasi dan pengujian metode otomatis produksi metadata dengan akhir mendorong interoperabilitas dalam domain perpustakaan peta virtual yang terdiri dari kartografi sejarah digital dan referensi geografis, dapat diakses melalui layanan standar.

7 UCAPAN TERIMA KASIH

Pekerjaan ini sebagian didukung oleh National Geographic Institute (IGN) Spanyol melalui proyek UPM-P086005573 dan untuk Plan Nacional de I + D melalui Proyek HUM2007-31128-E dan CSO2008-03248 / GEOG (Prototipo de Cartoteca Histórica Virtual Distribuida - Prototipe Perpustakaan Peta Sejarah Virtual Terdistribusi)

REFERENSI

- Anderson, J. dan Pérez-Carballo, J. (2001). Sifat pengindeksan: bagaimana manusia dan mesin menganalisis pesan dan teks untuk diambil: bagian I: penelitian, dan sifat pengindeksan manusia. *Pengolahan dan Manajemen Informasi: Jurnal Internasional* 37 (2), 231-254.
- Antonovic, V. dan Novak, I. (2006). GISOSS - GIS One-Stop-Shop. Membentuk Change, XXIII FIG Congress, Munich, Jerman, 8-13 Oktober 2006. [Online]. Diperoleh pada 1 Oktober 2008 dari: http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts37/ts37_02_antonovic_novak_0569.pdf

- Assche, F. (2006). Kerangka Kerja Interoperabilitas. (Interoperabilitas Pembelajaran Kerangka untuk Eropa). [On line]. Diakses pada 1 Oktober 2008 dari: <http://www.intermedia.uio.no/display/life/An+Interoperability+Framework>
- Beard, K. (1996). Struktur Pengumpulan Metadata. Internasional Ketiga Konferensi / Lokakarya tentang Integrasi GIS dan Pemodelan Lingkungan, Santa Fe, New Mexico, AS, 21-25 Januari 1996.
- Béjar, R., Nogueras-Iso, J., Muro-Medrano, P. dan Zarazaga-Soria, F. (2008). Sistem os sebagai Kerangka Konseptual untuk Infrastruktur Data Spasial. Artikel Dalam Review untuk Jurnal Internasional Penelitian Infrastruktur Data Spasial
- Bernard, Lars dkk. 2005. "Menuju Agenda Penelitian SDI." *Prosiding 11th EC-GIS*, Alghero, Sardinia, Italia
- Bishr, Y. (1998). Mengatasi hambatan semantik dan lainnya untuk interoperabilitas GIS. *Int. Jurnal Ilmu Informasi Geografis*, 12 (4): 299-314, 1998
- Buehler, K. dan McKee, L. (1998). Buka Komite Teknis Konsorsium GIS, The Panduan OpenGIS: Pengantar Geoprocessing Interoperable dan Spesifikasi OpenGIS, Edisi Ketiga, Draf, 3 Juni 1998.
- Carney, D., Smith, J. dan Tempat, P. (2005). Topik dalam Interoperabilitas: Infrastruktur Penggantian dalam Sistem Sistem. Pittsburgh, Pa: Institut Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Carnegie Mellon (CMU / SEI-2005-TN-031), November 2005. [Online]. Diperoleh pada 1 Oktober 2008 dari: <http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/05.reports/pdf/05tn031.pdf>
- Dekkers, M. (2007). Metadata dan pemodelan untuk Interoperabilitas. [On line]. Diakses pada 1 Oktober 2008 dari: http://library2.nalis.gov.tt/Portals/0/cdl_Makx_Dekkers_20070712.pdf
- Flater, D. (2002). Dampak Standar Berdasarkan Model, Prosiding Hawaii ke-35 Konferensi Internasional tentang Ilmu Sistem - 2002. [Online]. Diperoleh pada 1 Oktober 2008 dari: <http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/hicss/2002/1435/09/14350285.pdf>
- Ford, T., Colomb, J., Grahamr, S. dan Jacques, D. (2007). Sebuah Survei tentang Interoperabilitas Pengukuran. Prosiding Simposium Riset dan Teknologi Komando dan Kontrol Internasional ke-12, Newport, RI, Juni 2007. [Online]. Diperoleh pada 1 Oktober 2008 dari: http://www.iceg.net/2007/books/2/2_398_2.pdf
- Gayatri dan Ramachandran, S. (2007). Memahami Metadata. *Jurnal Icfa* dari Teknologi Informasi • Maret 2007.
- Georgiadou, P. dan Harvey, F. (2007). Gambaran yang lebih besar: sistem informasi dan perspektif penelitian infrastruktur data spasial. Prosiding konferensi internasional AGILE ke-10 tentang ilmu informasi geografis: European Information Society: memimpin dengan geoinformation, Aalborg, Denmark, 8-11 Mei 2007. / ed. oleh M. Wachowicz dan L. Bodum. AGILE, 2007. ISBN 978-87-819-3004-4. 6.
- Georgiadou, Y., Puri S. dan Sahay S. (2005). "Menuju agenda penelitian yang potensial untuk memandu penerapan Infrastruktur Data Spasial - Sebuah studi kasus dari India." *Jurnal Internasional Ilmu Informasi Geografis* 19 (10): 1113-1130.

- GEOSS (2008). Sistem Sistem Pengamatan Bumi Global. . [On line].
Diperoleh pada 1 Oktober 2008 dari:
<http://www.earthobservations.org/geoss.shtml>
- Gilliland-Swetland, AJ (2000). Mengatur Panggung, di Pengantar Metadata:
Jalur ke Informasi Digital. Los Angeles: Institut Penelitian Getty. http://www.getty.edu/research/conducting_research/standards/intrometadata/2_Articles/index.html
- Goh, CH (1997). Mewakili dan Menalar tentang Konflik Semantik di
Sumber Informasi Heterogen, Tesis PhD. MIT Sloan School of Management,
1997.
- Guptill, SG (1999). Metadata dan katalog data. Masuk: Longley, P., Goodchild, MF,
Maguire, DJ, Rhind, DW (Eds.), Sistem Informasi Geografis. Wiley, Chichester, hlm.
677-692
- GSDI (2004). Kelompok Kerja Teknis dan kontributor. 2004. Pengembangan Tata Ruang
Infrastruktur Data: The SDI Cookbook v.2.0. ed. Douglas D. Nebert. Infrastruktur
Data Spasial Global (<http://www.gsdi.org>).
- ISO-19115 (2005). Informasi Geografis - Metadata. Standar internasional
Organisasi
- Johnston, P. (2005). Panduan Praktik yang Baik untuk Pengembang Web Warisan Budaya
Jasa. Petugas Riset, UKOLN. Enlace: <http://www.ukoln.ac.uk/interop-focus/gpg/Metadata/>
- Kalantari, M., Rajabifard, A., Wallace, J., dan Williamson, I. (2006). Interoperabilitas
toolkit untuk administrasi e-Land, Williamson, Enemark dan Wallace (eds), Sistem
Administrasi Pertanahan dan Keberlanjutan, Departemen Geomatika, Melbourne,
213-222
- Kuhn, W. dan Raubal, M. (2003). Menerapkan sistem referensi semantik. Tanggal 6
Konferensi AGILE di GIScience, Lyon Prancis, 24-26 April 2003.
- Lance, K. Georgiadou, Y. dan Bregt, A. (2008). Koordinasi lintas lembaga di
bayangan hierarki: sistem informasi geospasial pemerintah 'bergabung'. Jurnal
Internasional Ilmu Informasi Geografis.
- Maier, M. (1996). "Prinsip Merancang untuk Sistem-Sistem." Dalam Tahunan ke-6
Simposium Internasional INCOSE, Boston, MA, AS, hal. 567-574.
- Manso, M., Wachowicz, M. dan Bernabé, M. (2009). Menuju Model Terpadu
Interoperabilitas untuk Infrastruktur Data Spasial. *Transaksi di GIS* 2009, 13
(1), hlm. 43 - 67 doi: 10.1111 / j.1467-9671.2009.01143.x.
- Manso, M. dan Wachowicz, M. (2009). Desain GIS: Tinjauan masalah terkini di
interoperabilitas. *GeoKompas graphy*.
- Miller, P. (2000). Interoperabilitas. Apa itu dan Mengapa saya harus menginginkannya? Ariadne Edisi 24.
21-Jun-2000. [On line]. Diakses pada 1 Oktober 2008 dari: <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/intro.html>
- Mohammadi, M., Binns, A., Rajabifard, A. dan Williamson, I. (2006). Data spasial
Integrasi. Konferensi UNRCC-AP ke-17 dan Pertemuan ke-12 PCGIAP, Bangkok, 18-22
September 2006. [Online]. Diperoleh pada 1 Oktober 2008 dari:
http://www.geom.unimelb.edu.au/research/SDI_research/publications/files/Spatial%20Data%20Integrasi.doc

- Nedovic-Budic, Z. dan Pinto, J. (2001). Interoperabilitas GIS organisasi (lunak): pelajaran dari US International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 3, Number 3, 2001, hlm. 290-298 (9). Elsevier.
- Probst, F. (2006). Analisis Ontologis Pengamatan dan Pengukuran. Konferensi Internasional tentang Ilmu Informasi Geografis No4, Münster, ALLEMAGNE (2006), vol. 4197, hlm.304-320. ISBN 3-540-44526-9; 978-3-540-44526-5
- Rodriguez, M. dan Egenhofer, M. (2003). Menentukan Kesamaan Semantik Di Antara Kelas Entitas dari Ontologi Berbeda. Transaksi IEEE pada Pengetahuan dan Rekayasa Data. vol.15, no.2, hlm.442-456, Maret-April 2003
- Schekkerman, J. (2004). Presiden Institut Arsitektur Perusahaan Pengembangan (IFEAD). Peta jalan menuju implementasi. [On line]. Diakses pada 1 Oktober 2008 dari: <http://web-services.gov/region4soa10104.ppt>
- Shanzhen, Y., Qi, L. dan Jicheng, C. (1999). Model GIS interoperabilitas berdasarkan infrastruktur informasi spasial. Geoinformatika dan Sosialinformatika. Prosiding Konferensi Geoinformatics'99. Ann Arbor, 12-21 Juni, hlm, 1-5.
- Shekhar, S. (2004). Penambahan Data Spasial dan Interoperabilitas Geo-spasial. Laporan dari Pertemuan Spesialis NCGIA tentang Jaringan Spasial, Santa Barbara, 2-4 Desember 2004, Pusat Nasional untuk Analisis dan Informasi Geografis, Universitas California
- Tolk, A., Diallo, S. dan Turnitsa, C. (2007) Menerapkan tingkat Konseptual Model Interoperabilitas dalam Mendukung Integrabilitas, Interoperabilitas, dan Komposit untuk Rekayasa Sistem. Jurnal Internasional Sistemika, Sibernetika dan Informatika. Volume 5 - Nomor 5
- Turnitsa, C. dan Tolk, A. (2006). Bahasa Manajemen Pertempuran: Segitiga dengan Lima Sides Proceedings of the Simulation Interoperability Standards Organisation (SISO) Spring Simulation Interoperability Workshop (SIW), Huntsville, AL, 2-7 April 2006
- West, L. dan Hess, T. (2002). Metadata sebagai alat manajemen pengetahuan: pendukung agen cerdas dan akses pengguna akhir ke data spasial. Sistem Pendukung Keputusan 32, 247-264
- Williamson, I. (2004), Membangun SDI — tantangan ke depan. Dalam Proceedings of the 7th Konferensi Internasional: Infrastruktur Data Spasial Global, 2-6 Februari, Bangalore, India.