

# Penerapan Ontologi Bidang Medis dalam Sistem Pelayanan Kesehatan

Dhomas Hatta Fudholi

Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

[hatta.fudholi@uii.ac.id](mailto:hatta.fudholi@uii.ac.id)

**Abstraksi**—Ontologi merepresentasikan pengetahuan dengan mendeskripsikan dengan tepat, formal, dan kaya, konsep-konsep dalam sebuah bidang beserta relasi-relasinya. Tujuan dari memodelkan pengetahuan dalam bentuk ontologi adalah untuk mendapatkan pengetahuan umum yang dapat dibagikan dan dimengerti oleh manusia dan mesin. Di dalam dunia medis, kamus istilah-istilah khusus medis dibangun untuk menyimpan dan mengkomunikasikan pengetahuan medis serta informasi pasien. Sistem informasi medis harus dapat mengkomunikasikan data medis yang kompleks dan mendetail secara efisien. Oleh karena itu, ontologi hadir untuk merepresentasikan terminologi dalam dunia medis. Makalah ini bertujuan untuk memberikan pembahasan akan gambaran pendekatan penerapan ontologi dalam sistem layanan kesehatan yang berupa model informasi cerdas untuk manajemen pengetahuan medis, dan ontologi sebagai basis pengetahuan dalam sistem pengayaan pengetahuan, rekomendasi, dan pendukung keputusan. Hal ini diharapkan mampu mengakselerasi pertumbuhan sistem layanan kesehatan dengan kecerdasan dan kepakaran serta meningkatkan kemandirian masyarakat dalam penjangkauan kesehatan.

**Kata Kunci**— ontologi; medis; sistem; layanan; kesehatan

## I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah data yang pesat dan penggunaannya dalam berbagai bidang untuk menyelesaikan tugas yang kompleks membutuhkan teknik pengelolaan dan manajemen informasi yang lebih canggih dan cerdas. Hal ini mendorong maju integrasi data dan sistem manajemen yang diperkaya dengan kosakata, terminologi, dan ontologi [1].

Ontologi menjadi bagian dari pendekatan yang baru dalam membangun sistem cerdas karena ontologi memiliki beberapa karakteristik seperti yang tertera dalam definisinya di [2] dan [3]. Dua karakteristik utama ontologi yang diturunkan dari definisi-definisinya adalah (i) *shared conceptualization* dan (ii) *formal and explicit specification*. *Shared conceptualization* berarti bahwa ontologi berisi abstraksi dari pengetahuan yang merupakan bentuk persetujuan umum yang diterima oleh komunitas dan masyarakat luas. *Formal and explicit specification* berarti bahwa ontologi merepresentasikan pengetahuan menggunakan bahasa formal, secara deklaratif dan eksplisit. Pada awalnya, ontologi diekspresikan dengan

pernyataan bahasa alami yang deklaratif, akan tetapi, persyaratan representasi formal mengimplikasikan bahwa ontologi dan pengetahuan di dalamnya juga dapat terbaca oleh mesin.

Aplikasi ontologi bermula dan banyak berkembang di area *knowledge management* yang kemudian meluas ke ranah basis data, layanan web, pengolahan bahasa alami, ekstraksi informasi, dan sistem pendukung keputusan. Dalam pengaplikasian tersebut, ontologi menawarkan tiga hal utama [4]: (i) Ontologi mendukung pencarian, pengambilan, dan personalisasi pengetahuan. Pengetahuan dalam ontologi yang membentuk taksonomi digunakan untuk memperluas *query* dan menghilangkan keambiguan dari perbedaan arti kata polisemi; (ii) Ontologi berperan sebagai basis dalam pengumpulan, integrasi, dan pengorganisasian informasi. Bentuk formal ontologi memungkinkan penalaran yang berguna untuk menjawab pertanyaan, penurunan pengetahuan baru, dan perbandingan serta integrasi pengetahuan dari sumber yang berbeda; (iii) Ontologi mendukung visualisasi pengetahuan ke dalam grafik hubungan konsep yang sangat berguna dalam memahami, mencari, dan menginvestigasi pengetahuan yang luas dalam ontologi.

Kamus istilah-istilah khusus medis dibangun untuk menyimpan dan mengkomunikasikan pengetahuan medis serta informasi pasien. Hal ini diperlukan, khususnya dalam sistem informasi, untuk dapat mengkomunikasikan data medis yang kompleks dan mendetail secara efisien. Ontologi menjadi solusi dalam pembentukan kamus kosakata yang besar, terstruktur, dan terstandarkan. Sebagai contoh adalah SNOMED CT<sup>1</sup> (Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms) dan UMLS<sup>2</sup> (Unified Medical Language System).

Dengan menarik kelebihan dan keunggulan yang ditawarkan oleh ontologi, makalah ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang bagaimana ontologi dapat berperan dalam mengakselerasi dan menciptakan sistem pelayanan kesehatan yang cerdas sehingga mendorong

<sup>1</sup> <http://www.snomed.org>

<sup>2</sup> <https://www.nlm.nih.gov/research/umls/>

kemandirian masyarakat. Untuk mencapai analisis peran dan penerapan ontologi tersebut, dikemukakan penerapan teknologi informasi dalam bidang kesehatan, sumber pengetahuan medis berbasis ontologi, dan aplikasi berbasis ontologi. Setelah itu, dilakukan analisis dan pemodelan kerangka kerja implementasi dan integrasi pengetahuan medis dalam sistem pelayanan kesehatan berbasis teknologi informasi. Hasil ini menjadi bentuk rekomendasi kerangka kerja penerapan ontologi bidang medis dalam sistem pelayanan kesehatan.

Selanjutnya, makalah ini dituliskan dengan struktur sebagai berikut. Bagian II berisi paparan peran teknologi informasi dalam sistem pelayanan kesehatan, termasuk di dalamnya adalah sistem informasi kesehatan dan sistem pendukung keputusan klinis. Bagian III mengelaborasi beberapa sumber pengetahuan dan terminologi medis berbasis ontologi. Bagian IV berisi analisis dan diskusi perumusan penerapan ontologi dalam sistem layanan kesehatan dengan pendekatan aplikasi ontologi yang beragam. Bagian V berisi kesimpulan dari makalah ini.

## II. TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PELAYANAN KESEHATAN

World Health Organization (WHO) mendefinisikan *Health Information System* (HIS) sebagai sistem yang dapat mengintegrasikan pengumpulan data, pemrosesan data, dan pelaporan data, serta dapat menggunakan informasi yang diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelayanan kesehatan melalui manajemen yang lebih baik [5]. Sistem Informasi Kesehatan (SIMKES) / *Health Information System* (HIS) semakin banyak diadopsi dalam pengelolaan informasi kesehatan dan pengambilan keputusan di banyak negara berkembang [6]. SIMKES mampu mengelola informasi pasien dari waktu ke waktu. Selain itu, di dalam rangkaian layanan kesehatan, juga mendukung petugas kesehatan untuk memperbaiki kinerja, sesuai dengan pedoman perawatan klinis dan keselamatan pasien [7].

DHIS2<sup>3</sup> (District Health Information System Software) dan OpenMRS<sup>4</sup> (Open Medical Record System) merupakan contoh SIMKES yang dapat kita temui. Kedua sistem informasi tersebut berbasis *open source*. Implementasi DHIS2 yang berupa aplikasi *dashboard* ditujukan untuk dapat menghasilkan, menganalisis dan menyebarkan informasi kesehatan untuk memfasilitasi perumusan, pengelolaan, perencanaan, penganggaran, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi layanan kesehatan dan intervensi program kesehatan yang efektif. DHIS2 mendukung pengumpulan dan analisis data layanan kesehatan yang awalnya dikumpulkan dengan

menggunakan sistem register, lembar data, dan formulir pengumpulan data bulanan di setiap fasilitas kesehatan. Dengan demikian, DHIS2 juga mempromosikan penggunaan data untuk pengambilan keputusan [8]. OpenMRS merupakan sebuah infrastruktur dalam pembuatan sistem rekam medis yang dikelola secara kolaboratif di beberapa institusi [9]. Implementasi OpenMRS bertujuan untuk menyediakan EMR (*Electronic Medical Record*) yang diperlukan oleh semua *stakeholder* yang berperan di dalam layanan kesehatan tersebut.

Sistem pendukung keputusan klinis (SPKK) / *Clinical decision support systems* (CDSS) adalah sistem berbasis komputer yang dikembangkan untuk mempengaruhi pengambilan keputusan klinis terhadap pasien [10]. SPKK dapat berdiri sendiri sebagai sistem *standalone* maupun menjadi bagian dari sistem informasi kesehatan.

SPKK telah terbukti dapat memberikan manfaat dan keuntungan terhadap capaian pasien dan biaya perawatan [10]. SPKK dapat meminimalkan kesalahan dengan memberi peringatan kepada petugas medis tentang interaksi obat yang memberikan potensi bahaya. Selain itu, program diagnosis di dalamnya juga dapat meningkatkan ketepatan diagnosa dokter. Hasil dampak positif ini telah tercapai sejak beberapa tahun silam dengan meningkatnya studi-studi terkait, misalnya [11] dan [12].

## III. TERMINOLOGI DAN ONTOLOGI BIDANG MEDIS

Sebagai model representasi pengetahuan yang kaya, perkembangan penggunaan ontologi begitu pesat. Di dalam bidang medis dan biologi, Freitas dkk melakukan survei yang memberikan gambaran terminologi dan ontologi pada bidang tersebut [7]. Termasuk di dalamnya adalah International Classification of Diseases (ICD)<sup>5</sup>, Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms (SNOMED CT)<sup>6</sup>, Foundational Model of Anatomy (FMA)<sup>7</sup>, dan Unified Medical Language System (UMLS)<sup>8</sup>.

ICD diklaim sebagai standar terminologi medis yang telah ada cukup lama yang dikelola oleh World Health Organization (WHO). ICD telah mendukung lebih dari 40 bahasa dan mendefinisikan lebih dari 14000 kelas atau konsep penyakit [10]. WHO telah membuat draf versi ICD-11, namun versi ICD yang saat ini dipakai secara global adalah ICD-10. Terminologi di dalam ICD-10 diklasifikasikan menjadi 22 *Chapter* yang mencakup klasifikasi penyakit, diagnosa, gejala, dan status kesehatan [14].

SNOMED CT berisi terminologi yang menggambarkan

<sup>3</sup> <https://www.dhis2.org/>

<sup>4</sup> <http://openmrs.org/>

<sup>5</sup> <http://www.who.int/classifications/icd/en/>

<sup>6</sup> <http://www.snomed.org>

<sup>7</sup> <http://si.washington.edu/projects/fma>

<sup>8</sup> <https://www.nlm.nih.gov/research/umls/>

istilah-istilah dalam topik kesehatan yang umum dan disepakati bersama sebagai standar dalam cakupan yang luas. Hal ini dilakukan untuk memberikan sebuah petunjuk yang konsisten dalam melakukan proses pengindeksan, penyimpanan, pengambilan, dan agregasi data klinis [15], terutama dalam proses pendeskripsian riwayat kesehatan pasien. Jumlah konsep di dalam SNOMED CT terus bertambah. Per Januari 2017 SNOMED CT telah memiliki 326.734 konsep aktif.

FMA Ontology adalah sumber pengetahuan informatika biomedis berbasis komputer yang terus berevolusi. FMA merepresentasikan entitas dan relasi yang memodelkan struktur anatomi manusia [16]. FMA dibangun sebagai sumber pengetahuan anatomi yang mendalam yang dapat digunakan ulang dan diolah, untuk dapat memenuhi kebutuhan aplikasi berbasis pengetahuan. FMA Ontology mempunyai 104522 kelas dan 168 relasi. Komponen konten FMA Ontology terbagi menjadi 4 bagian: *Anatomy Taxonomy* yang merepresentasikan relasi taksonomi dari entitas anatomi; *Anatomical Structural Abstraction* mendeskripsikan hubungan partitif dan hubungan spasial dari konsep dalam taksonomi; *Anatomical Transformation Abstraction* menggambarkan transformasi morfologi yang bergantung terhadap waktu, pada konsep-konsep di dalam taksonomi selama siklus hidup manusia; dan *Metaknowledge* yang terdiri dari prinsip dan aturan relasi dari ketiga komponen sebelumnya [16].

UMLS mengintegrasikan informasi dari sumber terminologi yang tersebar untuk dapat membuat sebuah sistem komputer yang mengerti arti dari istilah-istilah di bidang kesehatan dan biomedis. UMLS mengintegrasikan dan mendistribusikan terminologi, klasifikasi, dan sumber terkait lainnya demi terciptanya sistem informasi biomedis yang efektif [1]. Oleh karena itu, UMLS dibentuk menjadi sebuah repositori istilah biomedis yang mengintegrasikan lebih dari 2 juta terminologi [17].

#### IV. IMPLEMENTASI ONTOLOGI BIDANG MEDIS DALAM SISTEM PELAYANAN KESEHATAN

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden nomor 72 tahun 2012 tentang Sistem Kesehatan Nasional (SKN), menetapkan acuan penyusunan dan pelaksanaan pembangunan kesehatan yang dimulai dari kegiatan perencanaan sampai dengan kegiatan monitoring dan evaluasi. Pada pasal 6(1), disebutkan bahwa pelaksanaan SKN ditekankan pada peningkatan perilaku dan kemandirian masyarakat, profesionalisme sumber daya manusia kesehatan, serta upaya promotif dan preventif tanpa mengesampingkan upaya kuratif dan rehabilitatif. Peningkatan kemandirian masyarakat di negara berkembang dalam upaya preventif dan kuratif ini diharapkan dapat menaikkan taraf hidup, terutama bagi

masyarakat yang tidak dapat setiap saat mengakses fasilitas dan tenaga kesehatan. Hal ini disebabkan karena keberagaman kondisi geografis dan budaya lokal, seperti bahasa dan adat.

Ontologi dengan karakteristiknya sebagai sebuah bentuk representasi pengetahuan yang kaya dan mudah untuk dibagikan, dapat menjawab tantangan pelaksanaan tersebut dengan dua pendekatan: (i) pembangunan sumber pengetahuan lokal yang kaya dan terkoneksi dengan ranah pengetahuan global; dan (ii) pembangunan sistem pendukung dalam mengakses dan mengakuisisi pengetahuan, serta dalam memberikan rekomendasi pengambilan keputusan. Dua pendekatan ini kemudian dirumuskan menjadi kerangka kerja implementasi ontologi bidang medis dalam sistem pelayanan kesehatan.

##### A. Pembangunan Sumber Pengetahuan

Walaupun telah ada sumber pengetahuan medis yang telah dijelaskan pada bagian ketiga makalah ini, masyarakat dimungkinkan mengalami kendala dalam memahami dan menggunakan konten di dalamnya. Hal ini dapat disebabkan tiga hal: (i) tidak adanya lokalisasi pengetahuan dalam hal bahasa; (ii) kurangnya pengetahuan lokal yang ada di dalamnya; dan (iii) cakupan pengetahuan yang sangat besar sehingga mempersulit pencarian pengetahuan yang spesifik.

Ontologi medis dengan muatan terminologi bahasa lokal dapat dibuat dengan mengacu pada pengetahuan global pada sumber yang telah tersedia. Metode pemetaan (*mapping*) dapat digunakan dalam pembuatannya. Untuk dapat menjaga kesesuaian pemetaan pengetahuan lokal ke dalam pengetahuan global, maka konsep tautan data (*Linked Data / LD*) dapat digunakan. Konsep LD juga dapat digunakan untuk menjalinkan pengetahuan lokal ke dalam ranah spasial data yang lebih terbuka dan lebih luas, misalnya ke dalam *Linked Open Drug Data*. Salah satu contoh pendekatan ini dapat dilihat pada konsep *Linked Open Medical Herb Data* di [18].

Pengembangan pengetahuan lokal dalam bentuk ontologi dapat dilakukan dengan dua pendekatan: *Knowledge Reuse* (KR), dan *Knowledge Enrichment* (KE). Di dalam konsep KR, terdapat tiga jenis representasi pengetahuan yang mungkin untuk dapat diekstrak dan digunakan kembali: (i) *structured* seperti basis data, (ii) *semi-structured* seperti XML, dan (iii) *unstructured* seperti teks. *CODE+* merupakan salah satu *framework* untuk membangun ontologi dari berbagai macam representasi data [19]. Di dalam makalah tersebut, penulis mengambil studi kasus pengetahuan herbal. Di dalam KE, pengetahuan dapat dikayakan dengan mengekstraksi pengetahuan dalam domain yang sama ke dalam ontologi. Salah satu studi mengenai hal ini dapat dilihat pada [20]. Dalam makalah tersebut, penulis menggunakan metode OBIE

(*Ontology-based Information Extraction*) dalam proses ekstraksi pengetahuan dan mengangkat studi kasus pengetahuan herbal.

Pengambilan pengetahuan spesifik dari representasi pengetahuan yang besar dapat menggunakan konsep *sub-ontology*. *Sub-ontology* merupakan sebuah konsep dalam mengambil sebagian pengetahuan dalam ontologi. Konsep ini menjadi inti dari aplikasi *OntoMOVE* yang bertujuan untuk mencapai interoperabilitas dan memperbaiki keefektifan pencarian informasi dalam sistem informasi medis [21].

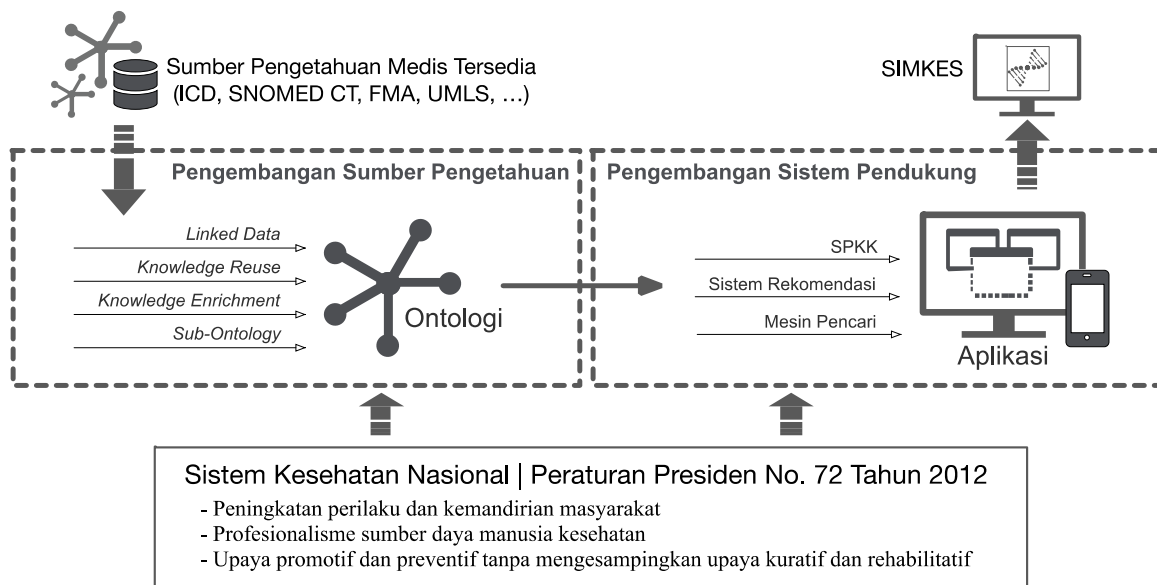
**B. Pembangunan Sistem Pendukung**

Dukungan SIMKES dalam mengumpulkan, memproses, dan melaporkan informasi, dapat meningkatkan profesionalisme Sumber Daya Manusia (SDM) kesehatan, serta kesadaran masyarakat luas terhadap kondisi kesehatan lingkungannya. Kesadaran masyarakat terhadap kondisi kesehatan lingkungan menjadi awalan yang baik dalam perilaku meningkatkan penjaagaan kesehatan.

Pembangunan sumber pengetahuan medis lokal yang kaya, yang direpresentasikan dengan ontologi, mendorong kemandirian perilaku masyarakat untuk dapat lebih memahami pengetahuan medis untuk penjaagaan kesehatan. Walaupun demikian, keterbatasan kemampuan dalam mengeksplorasi, memilah dan menganalisis pengetahuan, menjadikan diperlukannya aplikasi sistem pendukung yang mengambil pengetahuan dalam ontologi sebagai basisnya.

Untuk lebih dapat mengeksplorasi pengetahuan, teknologi mesin pencari berbasis ontologi dapat digunakan. Ontologi yang digunakan sebagai basis pengetahuan memberikan konteks sebuah konsep dengan konsep yang lain pada hasil pencarian. Salah satu studi dalam hal ini adalah [22].

SPKK adalah sistem yang dapat meningkatkan kemandirian masyarakat dengan memberikan analisis solusi permasalahan, terutama dalam menjawab pertanyaan medis seperti diagnosis dan penanganan. Bentuk salah satu aplikasi SPKK berbasis ontologi dapat dilihat pada [23]. Dari studi tersebut, ontologi



Gambar 1. Kerangka Kerja Penerapan Ontologi Bidang Medis pada Sistem Pelayanan Kesehatan

Tabel 1. DUKUNGAN METODE DAN TEKNOLOGI BERBASIS ONTOLOGI DALAM SISTEM PELAYANAN KESEHATAN

Metode/Teknologi	Dukungan
<i>Linked Data</i> <i>Knowledge Reuse</i> <i>Knowledge Enrichment</i> <i>Sub-Ontology</i>	Memetakan pengetahuan lokal ke dalam pengetahuan global Mengekstrak dan mengakuisisi pengetahuan Pengayaan pengetahuan di dalam lingkup domain Optimalisasi dan efisiensi sumber pengetahuan
Sistem Pendukung Keputusan Klinis (SPKK) Sistem Rekomendasi Mesin Pencari	Memberikan gambaran alternatif solusi permasalahan Memberikan rekomendasi atas pertanyaan Mengambil informasi akan sebuah konsep dengan konteks yang kaya

telah terbukti meningkatkan kemampuan sistem dalam ekstraksi dan pengambilan informasi terkait pasien dengan beberapa gangguan kronis.

Sistem rekomendasi merupakan perangkat lunak yang dapat memberikan saran kepada seseorang atas sebuah permasalahan. Sistem rekomendasi merupakan bagian dari sistem pendukung keputusan yang menggunakan basis pengetahuan. Oleh karenanya, sistem ini dapat pula diaplikasikan untuk menjawab pertanyaan seputar kesehatan. Salah satu aplikasi sistem rekomendasi ini adalah [24] yang merekomendasikan menu makanan Indonesia harian yang disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi seseorang.

### C. Kerangka Kerja

Kerangka kerja penerapan ontologi bidang medis pada sistem pelayanan kesehatan dapat diturunkan dari dua pendekatan penerapan ontologi yang telah didiskusikan sebelumnya. Gambar 1 mengilustrasikan kerangka kerja tersebut dan Tabel I memberikan gambaran dukungan masing-masing metode/teknologi informasi dalam penerapan ontologi di sistem pelayanan kesehatan.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa acuan pelaksanaan SKN menjadi asas pengembangan. Bagian pengembangan sumber pengetahuan mengacu pada pengembangan pengetahuan lokal yang dapat bersumber pada pengetahuan medis yang tersedia. Metode dan teknologi penunjang yang terkait dalam mewujudkannya adalah *Linked Data*, *Knowledge Reuse*, *Knowledge Enrichment*, dan *Sub-Ontology*. Bagian pengembangan sistem pendukung memakai ontologi lokal yang telah dibangun sebagai basis pengetahuan. Sistem berbasis ontologi yang mampu meningkatkan kemandirian masyarakat termasuk mesin pencari, SPKK, dan sistem rekomendasi.

## V. KESIMPULAN

Ontologi sebagai representasi pengetahuan yang kaya dapat diterapkan sebagai basis pengetahuan dalam sistem pelayanan kesehatan. Hal ini dimaksudkan agar sistem tersebut mampu mendorong kemandirian masyarakat dalam usaha penjagaan dan peningkatan kualitas kesehatan.

Kerangka kerja penerapan ontologi bidang medis pada sistem pelayanan kesehatan disusun berdasarkan dua pendekatan, yaitu pembangunan sumber pengetahuan yang bersifat lokal namun dapat dipetakan ke dalam pengetahuan global, dan pembangunan sistem pendukung yang mampu meningkatkan kemandirian masyarakat dalam memonitor kesehatan seperti diagnosis dan pengobatan. Metode dan teknologi yang dipakai dalam penerapannya adalah *Linked Data*, *Knowledge Reuse*, *Knowledge Enrichment*, *Sub-Ontology*, mesin pencari berbasis ontologi, SPKK berbasis ontologi, dan sistem rekomendasi berbasis ontologi.

## REFERENSI

- [1] M. Ivanovic, Z. Budimac, "An overview of ontologies and data resources in medical domains", *Expert Systems with Applications* 41 pp. 5158–5166. 2014.
- [2] T.R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontologies". *Knowledge Acquisition*, 5(2) (pp 199–220). 1993.
- [3] R. Studer, R. Benjamins, dan D. Fensel, "Knowledge engineering: Principles and methods". *Data & Knowledge Engineering*, 25(1–2) (pp 161–198). 1998.
- [4] A. Abecker, dan L. van Elst, "Ontologies for Knowledge Management." *Handbook on Ontologies 2nd Edn* (pp 713-734). 2009.
- [5] WHO. "Health Management Information Systems: A Practical Guide for Developing Countries". Geneva: World Health Organization. 2004.
- [6] J. Kariuki, dkk. "Automating Indicator Data Reporting from an EMR to Aggregate Data System Using OpenMRS and DHIS2", *Journal of Health Informatics in Africa*. 2013.
- [7] S. Silow-Carroll, J.N. Edwards, dan D. Rodin. "Using Electronic Health Records to Improve Quality and Efficiency: The Experiences of Leading Hospitals". *Commonwealth Fund pub.* 1608 Vol. 17. 2012.
- [8] J. Karuri, dkk. "DHIS2: The Tool to Improve Health Data Demand and Use in Kenya", *Journal of Health Informatics in Developing Countries* Vol. 8 No. 1. 2014.
- [9] B.A. Wolfe, dkk. "The OpenMRS System: Collaborating Toward an Open Source EMR for Developing Countries". *AMIA 2006 Symposium*. 2006.
- [10] E. S. Berner dan T. J. La Lande, "Overview of Clinical Decision Support Systems". *Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice 2<sup>nd</sup> Eds*. 2007.
- [11] W.L. Galanter, R.J. DiDomenico, A. Polikaitis, "Preventing exacerbation of an ADE with automated decision support". *J Healthc Inf Manage* 16(4):44–49. 2002.
- [12] E.S. Berner, dkk. "Improving ambulatory prescribing safety with a handheld decision support system: a randomized controlled trial". *J Am Med Inform Assoc* 13:171–179. 2006.
- [13] F. Freitas, D. Schulz, dan E. Moraes, "Survey of current terminologies and ontologies in biology and medicine". *RECIIS-Electronic Journal of communication information and Innovation in Health*, 3(1), 7–18. 2009.
- [14] WHO, "ICD-10 Volume 2 Instruction manual". 2016.
- [15] SNOMED International, "SNOMED CT January 2017 International Edition - IHTSDO Release notes". 2017.
- [16] C. Rosse, dan J.L.V. Mejino Jr., "A reference ontology for biomedical informatics: the Foundational Model of Anatomy", *Journal of Biomedical Informatics* 36, pp. 478–500. 2003.
- [17] O. Bodenreider, "The Unified Medical Language System (UMLS): integrating biomedical terminology", *Nucleic Acids Research*, 2004, Vol. 32, Database issue. 2004.
- [18] D.H. Fudholi, Hendrik, dan I. Rahman, "Linked Open Medical Herb Data", *International Conference on Informatics for Development*. 2011.
- [19] D.H. Fudholi, W. Rahayu, E. Pardede, "CODE+: Building Common Ontology from Community Knowledge", *2017 IEEE 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications*. 2017.

- [20] D.H. Fudholi, W. Rahayu, E. Pardede, "Ontology-based Information Extraction for Knowledge Enrichment and Validation". 2016 IEEE 30st International Conference on Advanced Information Networking and Applications. 2016.
- [21] M. Bhatt, W. Rahayu, S. Soni, & C. Wouters, "Ontology driven semantic profiling and retrieval in medical information systems". Web Semantics: Science, Services and Agents on the WorldWideWeb, 7, 317–331. 2009.
- [22] A. Hogan, dkk. "Searching and browsing Linked Data with SWSE: The Semantic Web Search Engine". Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web 9, 365–401. 2011.
- [23] A. Galopina, J. Bouaude, S. Pereiraa, dan B. Seroussic, "An Ontology-Based Clinical Decision Support System for the Management of Patients with Multiple Chronic Disorders", MEDINFO 2015: eHealth-enabled Health. 2015.
- [24] D.H. Fudholi, N. Maneerat, R. Varakulsiripunth, "Ontology-based Daily Menu Assistance System", 6th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2009. 2009.



**Dthomas Hatta Fudholi, Ph.D.** mendapatkan gelar S.T. di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia pada tahun 2008, gelar M.Eng di Department of Electronics, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Bangkok, Thailand pada tahun 2010, dan gelar Ph.D. di Department of Computer Science and IT, La Trobe University, Melbourne, Australia pada tahun 2016. Berpengalaman bekerja di dalam maupun di luar negeri sebagai tenaga pengajar, tutor, asisten riset, dan teknolog pendidikan. Sejak tahun 2008 hingga saat ini, menjadi tenaga pengajar di Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia. Bidang minat penelitian yang ditekuni berpusat pada penelitian ontologi dan aplikasinya, termasuk di dalamnya pengolahan bahasa alami, ekstraksi informasi, dan basis data.