

Big Data dan Perawatan Kesehatan

Studi Awal Menuju Perawatan Kesehatan Masa Depan

William Aprilius

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia
william.aprilius@yahoo.com

Diterima 27 Januari 2015

Disetujui 03 Maret 2015

Abstract—The development of database technology makes a variety of data and medical information is stored in digital form and present in the form of big data. Currently, healthcare that utilizes big data is still in the development stage. Big data starts to be used to expand insight and improve the quality of healthcare. This paper provides information related to the integration of big data in healthcare. Source for big data in healthcare is presented. Opportunities, impacts, and challenges in the integration process of big data in healthcare are also described.

Index Terms— *big data, healthcare*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan berbagai teknologi basis data membuat beragam data dan informasi medis disimpan dalam bentuk digital. Data medis ini tersedia dan dapat diakses dengan mudah. Sebagai contoh, *database* kesehatan dari Kementerian Kesehatan RI¹ menyediakan data puskesmas, data kanker, data kesehatan per provinsi dan kabupaten di Indonesia. Data tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan pengetahuan dalam rangka menyediakan pelayanan kesehatan yang lebih tepat sasaran.

Data medis saat ini hadir dalam bentuk *big data*, yaitu data yang tidak hanya memiliki jumlah yang besar, tetapi juga bersifat kompleks, variatif, dan aktual [1]. Para penyedia perawatan kesehatan mulai memanfaatkan *big data* untuk mendapatkan wawasan dan memperbaiki kualitas. *Big data* dalam bidang kesehatan ini dapat digunakan untuk melihat penyebaran suatu wabah penyakit dalam suatu wilayah, mengetahui

jenis pengobatan yang paling efektif untuk suatu jenis penyakit, memberi informasi mengenai kebutuhan pasien, dan membantu dokter dalam mengambil keputusan.

Big data merupakan sebuah kombinasi teknologi yang dapat mengelola data yang beragam dalam jumlah besar, dengan kecepatan yang tepat, dan pada saat yang tepat untuk keperluan analisis dan reaksi. Secara khusus *big data* memiliki tiga karakteristik, yaitu *volume*, *velocity*, dan *variety* [2]. Pada rujukan [3] dituliskan bahwa data pada penyedia perawatan kesehatan memiliki jumlah dan variasi yang sedang, kecepatan data yang tinggi, dan nilai potensi pemanfaatan yang besar.

Perawatan kesehatan (*health care*) dengan integrasi *big data* masih dalam tahap awal pengembangan. Selain itu, secara tradisional, industri kesehatan umumnya tertinggal dalam penggunaan *big data* dibandingkan dengan industri lainnya seperti bisnis, perbankan, dan *retail* [1]. Sebagai contoh, adopsi *big data* di Indonesia saat ini berlangsung lambat dan hanya pada tiga bidang industri, yaitu telekomunikasi, penyedia jasa keuangan, dan instansi pemerintah [4]. *Paper* ini memberi informasi terkait integrasi *big data* dalam bidang kesehatan. Peluang, dampak, dan tantangan dalam proses integrasi *big data* juga dipaparkan.

Bagian selanjutnya dari *paper* ini, diorganisasikan sebagai berikut. Bab II menjelaskan berbagai sumber *big data* dalam bidang kesehatan. Bab III menjelaskan konsep integrasi *big data* dalam perawatan kesehatan. Bab IV menjelaskan berbagai peluang dari pemanfaatan *big data* dalam bidang kesehatan.

¹ <http://www.bankdata.depkes.go.id/>

Bab V menjelaskan perubahan nilai perawatan kesehatan yang muncul karena pemanfaatan *big data*. Bab VI menjelaskan tantangan yang dihadapi dalam proses integrasi. Simpulan disajikan dalam Bab VII.

II. SUMBER BIG DATA MEDIS

Terdapat dua jenis tipe data utama yang menyusun *big data*, yaitu data terstruktur dan tidak terstruktur. Data terstruktur secara umum mengacu pada data yang memiliki panjang dan format yang telah terdefinisi. Sebaliknya, data tidak terstruktur merupakan data yang tidak mengikuti suatu format tertentu. Selain itu, sumber dari kedua tipe data tersebut dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu data yang dihasilkan oleh mesin (komputer), dan data yang dihasilkan oleh manusia [5].

Terdapat beberapa sumber *big data* pada bidang kesehatan, yaitu sebagai berikut [6].

A. Electronic Health Record

Electronic Health Record (EHR) berisi seluruh informasi kesehatan personal yang dimiliki oleh seorang individu, dimasukkan dan diakses secara elektronik oleh penyedia perawatan kesehatan selama masa hidup seseorang, dan termasuk informasi situasi rawat inap akut dan semua pengaturan rawat jalan yang diterima oleh pasien. Secara ideal, EHR mencerminkan seluruh riwayat kesehatan dari seorang individu selama masa hidupnya termasuk data yang berasal dari berbagai penyedia perawatan kesehatan dalam berbagai kondisi perawatan [7].

EHR hadir dalam bentuk data terstruktur dan tidak terstruktur, seperti kode ICD (*International Classification of Diseases*), hasil laboratorium, data obat, dan catatan klinis. ICD merupakan terminologi hierarkis dari kode penyakit, tanda, gejala, dan prosedur yang dikelola oleh World Health Organization (WHO). Kode ICD merupakan sumber data yang terstruktur. Hasil laboratorium dan data obat dapat berupa data terstruktur atau tidak terstruktur. Catatan klinis bersifat tidak terstruktur.

B. Data Gambar Medis

Data gambar medis memiliki ukuran yang besar dan merupakan data tidak terstruktur. Contoh dari data gambar medis adalah gambar CT (*Computed Tomography*), PET (*Positron Emission Tomography*), dan MRI (*Magnetic Resonance Imaging*). Penyimpanan dan pengaksesan berbagai sumber gambar medis tersebut dikelola oleh suatu sistem, yaitu PACS (*Picture Archival and Communication System*).

C. Data Genetik

Data genetik saat ini belum digunakan secara luas karena masih tergolong baru. Penjelasan dalam [6] berfokus pada GWAS (*Genome-Wide Association Studies*) karena lebih relevan terhadap praktik layanan kesehatan. GWAS digunakan untuk mengidentifikasi faktor genetik umum yang memengaruhi kesehatan dan penyakit. Hal ini masih dalam tahap awal penelitian.

D. Data Behavioral

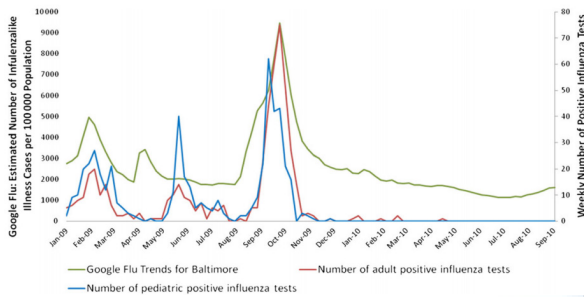
Media sosial dapat menilai kesehatan publik. Ketika terjadi suatu wabah penyakit menular, data yang dikumpulkan oleh lembaga kesehatan dapat tersedia dalam waktu yang lama. Hal ini menyebabkan terlambatnya deteksi terhadap wabah penyakit yang terjadi. Namun demikian, media sosial dapat mendeteksi hal tersebut hampir secara *real-time*. Sebagai contoh, Google Flu Trends² dan Google Dengue Trends³ yang menggunakan data penelusuran teragregasi untuk memperkirakan aktivitas influenza dan demam berdarah.

Rujukan [8] menunjukkan bahwa Google Flu Trends memiliki korelasi yang kuat dengan kasus influenza yang terjadi. Penelitian dilakukan selama 21 bulan, dari Januari 2009 sampai Oktober 2010, pada suatu rumah sakit akademik di perkotaan. Adapun data Google Flu Trends dikumpulkan setiap minggu untuk kota Baltimore, Maryland, Amerika Serikat. Gambar 1 menunjukkan bahwa pada suatu saat tertentu hasil deteksi aktivitas influenza oleh Google Flu Trends menunjukkan hasil yang tepat

² <http://www.google.org/flutrends/>

³ <http://www.google.org/denguetrends/>

dalam memprediksi jumlah penderita influenza, terutama pada orang dewasa.



Gambar 1. Perbandingan Temporal Google Flu Trends dan Kasus Influenza yang Terjadi [8]

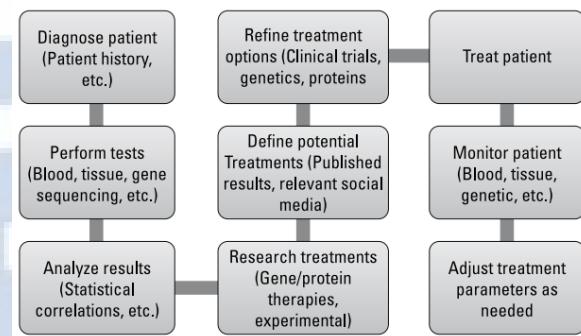
Sebuah sistem pengawasan penyakit secara *real-time* menggunakan data Twitter⁴ untuk mengawasi aktivitas influenza dan kanker dikembangkan seperti pada [9]. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat memetakan tingkat aktivitas influenza dan kanker di berbagai regional Amerika Serikat mendekati *real-time*.

PatientsLikeMe⁵ merupakan sebuah platform *online data sharing* yang memungkinkan pasien dapat berkomunikasi dengan pasien lain yang memiliki penyakit atau kondisi yang sama untuk saling berbagi pengalaman dan mengetahui jenis pengobatan yang dapat menolongnya. Pasien menyediakan data mengenai kondisi mereka, riwayat pengobatan, efek samping, rawat inap, gejala, skor fungsional untuk penyakit tertentu, berat badan, kualitas hidup, dan informasi lain untuk mendapatkan wawasan dan mengidentifikasi pola dari penyakit tertentu.

III. INTEGRASI BIG DATA

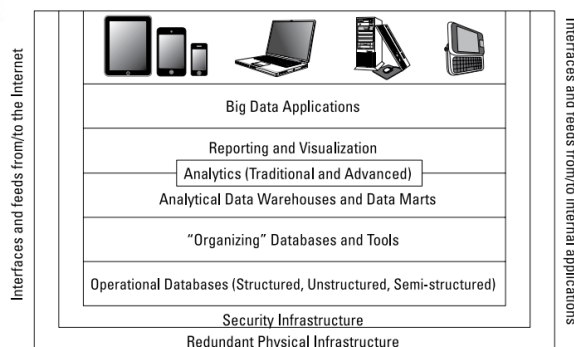
Sumber *big data* medis yang ada saat ini belum terintegrasi menjadi sebuah kesatuan [10]. Data tersebut disimpan dan dikelola di berbagai tempat oleh masing-masing organisasi dengan format data yang berbeda-beda. Rujukan [11] memberikan contoh skenario proses integrasi *big data* pada perawatan kesehatan. Hal yang perlu

dipahami adalah cara menggunakan sumber baru *big data* bersama dengan data medis yang telah ada dalam perawatan kesehatan. Selain itu, dapat diketahui bahwa tidak ada proses baru yang perlu dibuat untuk mendukung integrasi *big data*, tetapi teknologi pada aplikasi yang perlu dikembangkan untuk mengakomodasi dampak dari karakteristik *big data* yang diperlukan untuk memproses data tersebut.



Gambar 2. Contoh Skenario Proses Diagnosis pada Perawatan Kesehatan dengan Memanfaatkan *Big Data* [11]

Proses integrasi *big data* secara ideal dapat dilakukan dengan memahami *big data technology stack* [12]. Setiap lapisan memiliki implementasi teknologi dengan karakteristik masing-masing. Gambar 3 menunjukkan *big data technology stack*. Proses implementasi biasanya hanya fokus pada lapisan tertentu bergantung pada masalah yang dihadapi, karena untuk mewujudkan keseluruhan lapisan diperlukan usaha, biaya, dan waktu yang tidak sedikit. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui masalah implementasi apa yang perlu untuk diselesaikan.



Gambar 3. *Big Data Technology Stack* [12]

⁴ <https://twitter.com/>

⁵ <http://www.patientslikeme.com/>

Terdapat banyak solusi teknologi yang dapat digunakan untuk mendukung proses integrasi *big data*, seperti solusi berbasis *cloud* dengan model *SaaS* (Google dan Amazon) dan Hadoop [13]. Google dan Amazon mengimplementasi solusi berbasis algoritma MapReduce untuk memproses data dalam jumlah besar menggunakan banyak komputer. Hadoop merupakan sebuah *framework* yang bersifat *open-source* dan digunakan oleh banyak perusahaan untuk memproses dan menganalisis data tidak terstruktur dalam jumlah besar [14].

IV. PELUANG BIG DATA DALAM PERAWATAN KESEHATAN

Penggunaan *big data* memiliki banyak implikasi bagi pasien, penyedia, peneliti, pembayar (*payer*), dan komponen lainnya dalam sistem perawatan kesehatan. Berikut ini merupakan peluang dari penggunaan *big data* dalam perawatan kesehatan [13].

A. Melibatkan Pasien dalam Pengambilan Keputusan

Pada model terdahulu, penyedia layanan kesehatan mendorong pasien untuk tetap dalam perawatan, misalnya rawat inap untuk meningkatkan pendapatan. Saat ini, penyedia layanan berfokus untuk menjaga pasien tetap sehat secara lebih bertanggung jawab. Hal ini dilakukan dengan melibatkan pasien untuk berpartisipasi dalam pengambilan keputusan tentang kesehatan dirinya. Dengan tersedianya berbagai data, informasi, dan petunjuk dapat menolong pasien untuk membuat keputusan yang lebih baik. Sebagai contoh, kehadiran sistem pakar (yang memanfaatkan *big data* medis) pemberi rekomendasi metode pengobatan untuk suatu penyakit, dapat membantu pasien memahami berbagai metode pengobatan terhadap penyakit yang dideritanya, termasuk risiko (jika ada) dari metode tersebut.

B. Memperbaiki Kualitas dengan Data Eksternal

Peningkatan jumlah berbagai sumber data dalam bidang perawatan kesehatan dapat meningkatkan kualitas perawatan yang diberikan. Integrasi data eksternal yang dilakukan dapat bermanfaat, seperti menolong dokter dalam membangun dasar pengambilan keputusan yang lebih baik, mendapatkan korelasi antara satu penyakit dan penyakit lainnya, dan membantu peneliti untuk lebih memahami suatu jenis penyakit. Hal ini dikarenakan integrasi data eksternal dapat memberi pandangan yang lebih luas terkait identifikasi, tingkat keberhasilan suatu metode pengobatan, dan hubungan sebab-akibat dari suatu penyakit.

C. Implikasi dari Regionalisasi dan Globalisasi

Dengan berkembangnya berbagai teknologi *sharing data*, data eksternal yang terintegrasi pada suatu sistem medis akan berasal dari berbagai sistem medis di berbagai daerah dan negara. Hal ini dapat bermanfaat untuk menyediakan populasi data yang lebih besar bagi para peneliti untuk belajar, mengidentifikasi wabah penyakit lebih cepat, dan memperbaiki hasil penelitian. Selain itu, teknologi *sharing data*, khususnya yang dibangun untuk data medis berpeluang untuk lebih dikembangkan seiring peningkatan kebutuhan akses data medis lintas daerah dan negara.

D. Kebutuhan Informasi Mendorong Mobilitas

Teknologi *mobile* dapat menjadi jawaban atas kebutuhan untuk mengakses data dimanapun dan kapanpun, seperti untuk pengambilan keputusan klinis. Perkembangan teknologi *mobile* dapat membantu pasien dan dokter untuk mengambil keputusan secara lebih cepat dan tepat. Dengan demikian, seiring peningkatan kebutuhan akan pengaksesan informasi, teknologi *mobile* akan semakin berkembang dan diikuti oleh kualitas perawatan kesehatan yang lebih baik. Hal ini juga berarti terdapat peluang pengembangan aplikasi bidang kesehatan berbasis *mobile*, terutama aplikasi yang dapat memanfaatkan berbagai sumber *big data* dalam proses pemberian informasi dan rekomendasi baik kepada pasien,

maupun dokter.

E. *Big data, Media Sosial, dan Perawatan Kesehatan*

Media sosial dapat meningkatkan komunikasi antara pasien, penyedia, dan berbagai komunitas medis. Hal ini dapat menjadi sumber *big data* yang penting. Selain itu, media sosial juga dapat menyediakan data hampir secara *real-time*, sehingga dapat mempercepat proses, seperti pendeteksian wabah penyakit. Dengan demikian, terdapat potensi pemanfaatan data yang berasal dari media sosial untuk meningkatkan kualitas perawatan kesehatan.

V. DAMPAK BIG DATA DALAM PERAWATAN KESEHATAN

Kemunculan *big data* mentransformasi pandangan terhadap apa yang sesuai dan baik untuk pasien dan seluruh ekosistem dalam perawatan kesehatan. Untuk mengikuti perubahan ini, [1] menuliskan lima nilai baru yang berfokus pada pasien. Hal ini berdasarkan pada konsep yang mana nilai tersebut diturunkan dari keseimbangan antara biaya perawatan kesehatan yang dikeluarkan dan hasil yang didapatkan oleh pasien. Kelima nilai tersebut adalah sebagai berikut.

A. *Right Living*

Pasien dapat membangun nilai dengan mengambil peranan secara aktif untuk pengobatan dirinya sendiri. Nilai ini berfokus pada mengajak pasien untuk memiliki gaya hidup sehat, seperti pola makan dan olah raga yang baik, dan berperan aktif dalam pengobatan apabila sakit.

B. *Right Care*

Nilai ini menjamin pasien mendapatkan perawatan kesehatan yang sesuai dan tepat waktu. Selain itu, nilai ini memerlukan sebuah pendekatan yang terkoordinasi dalam berbagai situasi dan diantara berbagai penyedia perawatan kesehatan. Seluruh penyedia perlu memiliki informasi dan tujuan yang sama untuk mencegah upaya dan strategi yang tidak efisien.

C. *Right Provider*

Nilai ini menyatakan bahwa pasien perlu selalu mendapatkan pelayanan dari para profesional yang dapat memberikan hasil terbaik. Dengan demikian, nilai ini memiliki dua arti, yaitu terdapat kecocokan antara kemampuan yang dimiliki penyedia dan tugas yang dihadapi, dan pemilihan spesifik dari penyedia perawatan kesehatan yang terbukti memberikan hasil terbaik.

D. *Right Value*

Untuk memenuhi tujuan dari nilai ini, penyedia dan pembayar (*payer*) akan secara berkelanjutan meningkatkan nilai layanan kesehatan dengan mengurangi biaya dan pada saat yang sama meningkatkan kualitas. Dengan demikian, pasien mendapatkan nilai perawatan yang lebih tinggi.

E. *Right Inovation*

Nilai ini melibatkan proses identifikasi dari terapi dan pendekatan terbaru yang tepat dalam proses pemberian perawatan kesehatan. Selain itu, pada saat yang sama juga memperbaiki proses inovasi itu sendiri, misalnya dengan memanfaatkan data molekul potensial yang menjadi pembahasan pada bidang farmasi.

VI. TANTANGAN BIG DATA DALAM PERAWATAN KESEHATAN

Dalam bidang kesehatan, tantangan yang dihadapi adalah sedikitnya jumlah informasi yang dapat digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan, perencanaan, dan strategi. Berikut ini merupakan tantangan pemanfaatan *big data* dalam perawatan kesehatan [13].

A. *Perawatan Kesehatan Sebagai Teknologi Tertinggal*

Bidang perawatan kesehatan memiliki proses yang lambat untuk didefinisikan dan didesain ulang. Perawatan kesehatan cenderung tertinggal dalam mengadopsi teknologi. Selain itu, teknologi layanan kesehatan mewarisi teknologi terdahulu secara meluas. Hal ini dapat mengakibatkan

penerapan teknologi baru bertentangan dengan teknologi yang terdahulu.

B. Fragmentasi

Sumber data kesehatan yang berasal dari berbagai komponen dalam sistem perawatan kesehatan, seperti pembayar (*payers*), penyedia, dan pusat penelitian memiliki format data yang berbeda. Proses integrasi dari data tersebut sulit dilakukan karena beberapa hal, seperti masalah privasi dan hak milik, kompleksitas data, dan terbatasnya *metadata* untuk setiap data yang ada.

C. Keamanan

Teknologi *cloud* dapat memfasilitasi proses berbagi sumber *big data* medis dengan mudah. Akan tetapi, terdapat masalah keamanan dan privasi dalam hal pengaksesan data. Solusi keamanan tradisional tidak dapat secara langsung diterapkan untuk data dengan ukuran yang besar dan beragam [15]. Solusi dari masalah ini menjadi pembahasan dalam [16], yaitu dengan mengajukan suatu teknologi bernama *Secure Medical Workspace* (SMW). Selain itu, [17] melakukan eksplorasi teknik yang dapat menjamin keamanan dan privasi data medis yang disimpan pada *cloud*.

D. Standar

Sumber data yang ada saat ini memiliki standar yang bervariasi. Hal ini menimbulkan masalah pengolahan data yang melibatkan banyak sumber. Arsitektur *big data* yang diajukan harus dapat bekerja tidak hanya pada berbagai sumber data, tetapi juga pada perubahan skema dan struktur yang digunakan untuk men-*transport* dan menyimpan data.

Sebagai contoh, survei dan analisis terhadap berbagai standar EHR untuk menilai tingkat relevansi dan *interoperability* dilakukan pada [18]. Hasil yang didapatkan dari proses evaluasi terhadap tujuh standar EHR menunjukkan bahwa tidak terdapat standar yang paling unggul. Secara mengejutkan format isi dari seluruh standar yang dievaluasi memiliki konsep dan kemampuan yang sama. Dengan demikian, satu standar tertentu masih dibutuhkan untuk memaksimalkan manfaat

integrasi *big data*.

E. Aktual Data

Kebutuhan dan pengolahan aktual data menjadi tantangan dalam bidang perawatan kesehatan, seperti pengambilan keputusan klinis, apakah untuk membuat suatu keputusan atau menyediakan informasi yang menjadi pedoman bagi pengambilan suatu keputusan. Terkadang proses pengambilan keputusan tersebut memerlukan waktu yang cepat dan tepat. Dalam kasus ketika data dalam jumlah besar perlu untuk diproses secara cepat mendekati *real-time*, hal ini melibatkan *data streaming* [19]. Hal ini memunculkan tantangan untuk mengolah data secara cepat dengan tetap memberikan hasil yang baik.

VII. Simpulan

Pemanfaatan *big data* dalam perawatan kesehatan masih dalam tahap pengembangan. Hal ini didukung oleh keberadaan berbagai sumber data medis, baik terstruktur, maupun tidak terstruktur. Akan tetapi, integrasi *big data* memerlukan pemahaman akan berbagai solusi teknologi. Pemanfaatan *big data* mendatangkan peluang bagi terciptanya perawatan kesehatan yang lebih baik dan berorientasi pada pasien. Namun, terdapat sejumlah tantangan yang perlu diatasi untuk dapat mendukung proses integrasi *big data* dalam perawatan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Groves, B. Kayyali, D. Knott, dan S.V. Kuiken, "The 'Big Data' Revolution in Healthcare Accelerating Value and Inovation," McKinsey&Company, January 2013.
- [2] J. Hurwitz, A. Nugent, F. Halper, dan M. Kaufman, "Grasping The Fundamentals of Big Data," di dalam *Big Data For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013, bab 1, subbab 1.3, hal. 16.
- [3] S. Mohanty, M. Jagadeesh, dan H. Srivatsa, "'Big Data' in The Enterprise," di dalam *Big Data Imperatives Enterprise Big Data Warehouse, BI Implementations and Analytics*. Apress, 2013, bab 1, subbab 1.5, hal. 9-11.
- [4] E. Anggraini. (2014, Februari 12). Lambat, Big

- Data Baru Diadopsi 3 Industri Saja [Online]. Alamat situs: <http://teknoliputan6.com/read/824553/lambat-big-data-baru-diadopsi-3-industri-saja>.
- [5] J. Hurwitz, A. Nugent, F. Halper, dan M. Kaufman, "Examining Big Data Types," di dalam *Big Data For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013, bab 2, subbab 2.1-2.2, hal. 26-30.
- [6] J. Sun dan C. K. Reddy, "Big Data Analytics for Healthcare," di dalam *SIAM International Conference on Data Mining*, Austin, TX, 2013.
- [7] World Health Organization. (2014, November 22). Electronic Health Records Manual for Developing Countries [Online]. Alamat situs: <http://www.wpro.who.int/publications/docs/EHRmanual.pdf>.
- [8] A. F. Dugas, dkk., "Google Flu Trends: Correlation With Emergency Department Influenza Rates and Crowding Metrics," *Clinical Infectious Diseases*, vol. 54, no. 4, hal. 463-469, Januari 2012.
- [9] K. Lee, A. Agrawal, dan A. Choudhary, "Real-Time Disease Surveillance Using Twitter Data: Demonstration on Flu and Cancer," di dalam *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, New York, USA, 2013, hal. 1474-1477.
- [10] S. Mohanty, M. Jagadeesh, dan H. Srivatsa, "Big Data Implications for Industry," di dalam *Big Data Imperatives Enterprise Big Data Warehouse, BI Implementations and Analytics*. Apress, 2013, bab 3, subbab 3.2, hal. 65-66.
- [11] J. Hurwitz, A. Nugent, F. Halper, dan M. Kaufman, "Operationalizing Big Data," di dalam *Big Data For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013, bab 17, subbab 17.1, hal. 201-205.
- [12] J. Hurwitz, A. Nugent, F. Halper, dan M. Kaufman, "Digging into Big Data Technology Components," di dalam *Big Data For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013, bab 4, hal. 47-59.
- [13] B. Hamilton, "Big Data is The Future of Healthcare," *Cognizant 20-20 Insight*, hal. 1-7, September 2012.
- [14] S. Mohanty, M. Jagadeesh, dan H. Srivatsa, "Application Architectures for Big Data and Analytics," di dalam *Big Data Imperatives Enterprise Big Data Warehouse, BI Implementations and Analytics*. Apress, 2013, bab 5, subbab 5.5, hal. 124.
- [15] H. K. Patil, dan R. Seshadri, "Big Data Security and Privacy Issues in Healthcare," di dalam *Big Data (BigData Congress), 2014 IEEE International Congress on*, Anchorage, AK, 2014.
- [16] C. Schmitt, dkk., "Security and Privacy in The Era of Big Data: The SMW, a Technological Solution to the Challenge of Data Leakage," di dalam *RENCI White Paper Series*, vol. 1, no. 2, hal. 1-9, November 2013.
- [17] S. Narayan, M. Gagne, dan R. S. Naini, "Privacy Preserving EHR System Using Attribute-based Infrastructure," di dalam *Proceedings of the 2010 ACM workshop on Cloud computing security workshop*, New York, USA, 2010, hal 47-52.
- [18] M. Eichelberg, T. Aden, J. Riesmeier, A. Dogac, dan G. B. Laleci, "A Survey and Analysis of Electronic Healthcare Record Standards," *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 37, no. 4, hal. 277-315, Desember 2005.
- [19] J. Hurwitz, A. Nugent, F. Halper, dan M. Kaufman, "Dealing with Real-Time Data Streams and Complex Event Processing," di dalam *Big Data For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013, bab 16, subbab 16.2, hal. 194-195.