

INTEGRASI *ELECTRONIC MEDICAL RECORD (EMR)* DENGAN *LABORATORY INFORMATION SYSTEMS (LIS)* DAN *PICTURE ARCHIVING AND COMMUNICATIONS SYSTEM (PACS)*

Fahmi Hakam

Program Studi RMIK, FKM, Universitas Veteran Bangun Nusantara
fahmihakam.01@gmail.com

ABSTRACT

Currently, many hospitals in developed countries have considered laboratory information system (LIS) and PACS as needs, and are important sub-systems in EMR. While in some developing countries, this is a novelty and plans related to integration with EMR are still not the main subject, as many still assume that LIMS and PACS are systems separate from EMR. Types This article is a systematic review. The author uses the Literature Review Method approach. Integration of Electronic Medical Record (EMR) with LIS and PACS requires some preparation and several aspects to be considered, which include: 1) Requirements for data standards and medical terminology, (2) Aspects of privacy and data security, (3) Implementation of data entry, (4) Preparation and Requirement Analysis of Technology / Information System, (5) Leadership Policy and Support, (6) Standart and Protocol System, (7) Pattern and Model of System Integration, (8) Standardization of Protocol and Communication of OSI.

Keywords: EMR, LIS, PACS

ABSTRAK

Saat ini, banyak rumah sakit di Negara-negara maju sudah menganggap laboratory information system (LIS) dan PACS sebagai kebutuhan, serta merupakan sub-sistem yang penting dalam EMR. Sedangkan di beberapa negara berkembang, ini merupakan hal yang baru dan rencana terkait integrasi dengan EMR masih belum menjadi bahasan utama, karena masih banyak yang beranggapan bahwa LIMS dan PACS adalah sistem yang terpisah dari EMR. Jenis Artikel ini adalah sistematic review. Penulis menggunakan pendekatan Metode Review Literature. Integrasi Electronic Medical Record (EMR) dengan LIS dan PACS, membutuhkan beberapa persiapan dan beberapa aspek yang harus diperhatikan, yaitu meliputi : 1) Kebutuhan terhadap standar data dan terminologi medis, (2) Aspek privacy dan keamanan data, (3) Pelaksanaan entri data, (4) Analisa Persiapan dan Kebutuhan Teknologi/ Sistem Informasi, (5) Kebijakan dan Dukungan Pimpinan, (6) Standart dan Protocol System, (7) Pola dan Model Integrasi Sistem, (8) Standarisasi Protocol dan Komunikasi OSI.

Kata Kunci : EMR, LIS, PACS

PENDAHULUAN

Electronic Medical Record (EMR) atau sering dikenal Rekam medis elektronik, merupakan catatan medis pasien dalam format elektronik tentang informasi kesehatan seseorang yang dituliskan oleh satu atau lebih petugas kesehatan secara terpadu. Rekam medis elektronik bisa diakses dengan komputer atau sistem elektronik dari suatu jaringan, dengan tujuan utama menyediakan atau meningkatkan perawatan serta pelayanan kesehatan yang efisien dan terpadu (Heinzer, M. 2010).

Isu utama yang harus di atasi dalam implementasi EMR, yaitu: (1) Kebutuhan terhadap standar data di bidang terminologi klinik, (2) Aspek *privacy*, kerahasiaan dan

keamanan data, (3) Pelaksanaan entri data oleh dokter dan tenaga medis lainnya, (4) Kesulitan integrasi sistem rekam medis dengan sumber informasi lain dalam pelayanan kesehatan (Berg, 2004).

Saat ini, banyak rumah sakit di Negara-negara maju sudah menganggap *laboratory information system (LIS)* dan PACS sebagai kebutuhan, serta merupakan sub-sistem yang penting dalam EMR. Sedangkan di beberapa negara berkembang, ini merupakan hal yang baru dan rencana terkait integrasi dengan EMR masih belum menjadi bahasan utama, karena masih banyak yang beranggapan bahwa LIS dan PACS adalah sistem yang terpisah dari EMR (Huang 2008)

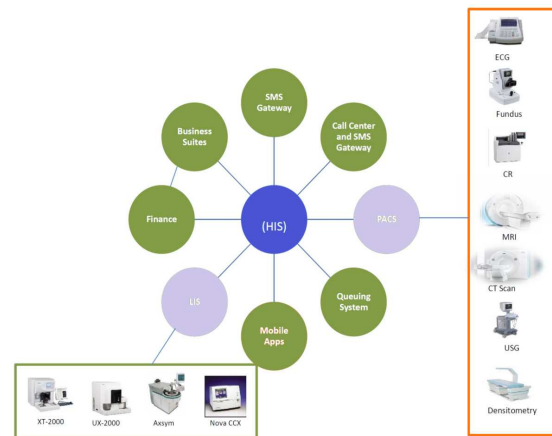
METODE

Jenis Artikel ini adalah *systematic review*. Penulis menggunakan pendekatan *Metode Review Literature*. Sehingga *literature* yang dicari harus relevan dengan topik yang dibahas pada *paper* ini, serta membantu untuk mendapatkan gambaran dari topik *paper*. Untuk memulai pencarian atau penelusuran *literature* dilakukan dengan mengidentifikasi satu atau beberapa kata kunci atau frasa singkat yang merangkum topik *paper*, karena bisa menunjuk ke arah sumber informasi yang potensial dan bermanfaat. Pencarian *literature* (Buku, Jurnal Penelitian, Papper, Peraturan, dll) menggunakan database online, yang terdiri dari : ScienceDirect, PubMed, Springer, NCBI dan BMJ Journals, Amazone, DOAJ, Google Scholar, dll.

HASIL

Komponen Teknologi Pendukung

1. *Computer-aided detection and diagnosis (CAD)*
 CAD menggunakan metode komputer untuk mendapatkan pengukuran secara kuantitatif, berdasarkan gambar medis dan informasi klinis, untuk membantu dokter dalam menilai keadaan klinis pasien (Le & Liu 2009).
2. *The CAD-PACS integration toolkit*
 CAD-PACS toolkit, adalah paket perangkat lunak yang telah dikembangkan dan diuji pada proses citra dan informasi laboratorium, serta dapat berdiri sendiri sebagai sebuah sistem dan diintegrasikan dengan sistem lainnya (Le & Liu 2009)
3. *The Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK)*
 Perangkat lunak open source yang mampu mencakup semua langkah dari alur kerja klinis, termasuk pengambilan data, analisis citra, diagnosis, perencanaan perawatan, dukungan intervensi dan kontrol pada tindakan pengobatan (Nolden et al. 2013)



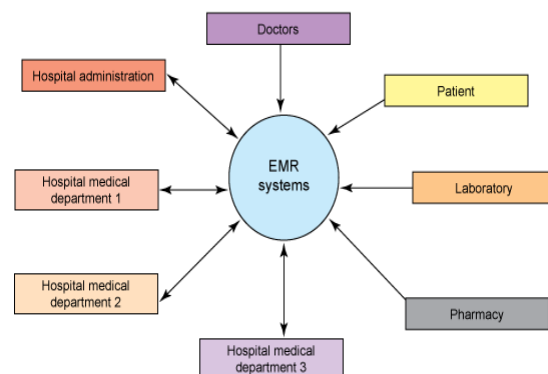
Gambar 1. Komponen Teknologi LIS dan PACS

Standart dan Protocol System

1. Cara Kerja EMR

Menurut ,Berikut merupakan komponen EMR :

- a. Pemasukan data (*data entry*), meliputi: pengambilan data (*data capture*), input data, pencegahan error, data entry oleh dokter.
- b. Tampilan data (*data display*), meliputi: *flowsheet* data pasien, Ringkasan dan abstrak, *turnaround documents*, tampilan dinamik.
- c. Sistem kueri (tanya; *query*) dan surveilans, meliputi pelayanan klinik, penelitian klinik, studi retrospektif dan administrasi.



Gambar 2. Integrasi dan Cakupan *Electronic Medical Record System*(Hakam 2016)

Menurut (Aldosari 2014), Pada dasarnya *Electronic Medical Record*, merupakan sistem informasi yang memiliki framework lebih luas dan harus memenuhi fungsi dan kriteria sebagai berikut:

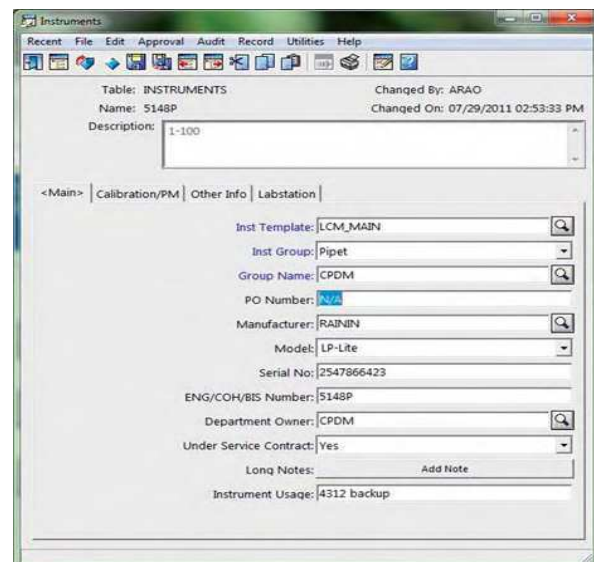
- a. Mengintegrasikan data dari berbagai sumber (*Integrated data from multiple source*)
 - b. Mengumpulkan data pada titik pelayanan (*Capture data at the point of care*)
 - c. Mendukung pemberi pelayanan dalam pengambilan keputusan (*Support caregiver decision making*).
2. Cara Kerja *Laboratory Information System* (LIS), menurut (Huang 2008):
- Laboratory Information System* mampu mempercepat dan memperbaiki akurasi hasil laboratorium. Di laboratorium terdapat beberapa mesin pengolah sampel (bahan yang akan diperiksa), yang masing-masing mempunyai fungsi, cara kerja, sistem perintah sendiri-sendiri. Berikut merupakan contoh alat/teknologi yang digunakan LIS :
- a. Mesin Sysmex XS800: untuk memeriksa Darah Lengkap (Hemoglobin, Lekosit, Trombosit)
 - b. Olympus AU400: untuk memeriksa Kimia Klinik (Kolesterol, Fungsi hati dan ginjal, Gula darah dsb)
 - c. AXSYM: untuk memeriksa Imunologi darah (HbsAg, CRP, Fungsi kelenjar Thyroid/gondok dsb)
 - d. Clinitek: untuk memeriksa Urine.

Menurut (Turner et al. n.d.), Berdasarkan kemampuan peralatan laboratorium, cara sistem laboratorium bekerja antar peralatan laboratorium dengan komputer dapat dikategorikan sebagai berikut :

- a. *Unidirectional* : yaitu peralatan laboratorium hanya bisa mengirim data ke komputer. Data hasil pemeriksaan akan dikirim ke komputer, untuk input pemeriksaannya tetap dilakukan entri sebelum dilakukan pemeriksaan.
- b. *Bidirectional* : yaitu peralatan laboratorium yang bisa melakukan komunikasi dua arah dengan komputer. Biasa disebut *Query Mode*. Metode bidirectional ini memungkinkan analis lab tidak perlu meng-entry ID pasien dan jenis pemeriksaan, sehingga human error sangat minimal.

Menurut (Çağındı & Ötleş 2004), Berdasarkan fungsi penggunaannya, dikelompokkan menjadi 2 fungsi, yaitu :

- a. *Specimen tracking*
 - 1) *Track specimens from receipt, processing, testing, reporting to storage*
 - 2) *Electronically capture results from lab diagnostic equipment and store with specimen details*
 - 3) *Protocols and algorithms for testing and final result determination*
- b. *Patient Tracking*
 - 1) *Patient focus*
 - 2) *Enable determination of patient outcomes*
 - 3) *Integrate patient and specimen information*
 - 4) *Support patient management and care/treatment*



Gambar 3. User Interface Laboratory Management System (Russom et al. 2012)

3. Cara Kerja *Radiology Information System* (RIS), menurut (Hsieh & Lo 2010):
 - a. RIS yang menggunakan antarmuka HL7, untuk mengintegrasikan PACS ke dalam catatan pasien (EMR). Alur kerja teknis dan informasi yang dikumpulkan dari PACS, untuk mengisi kolom kunci sistem yang menghasilkan data dan foto, akan disimpan dalam catatan pasien dengan cepat.

- b. Tampilan RIS, juga dapat juga menyediakan *real-time* komunikasi data antara sistem PACS dan gambar MedStar pada pusat sistem manajemen.
- c. RIS yang terintegrasi dengan *speech-recognition* (mesin digital) dengan kemampuan dikte, memberikan peluang untuk migrasi ke dalam proses dokumentasi klinis. RIS menyediakan data lengkap dan alat-alat untuk analisis dan pelaporan.
- d. Keunggulan RIS, adalah mudah untuk memahami dan melaksanakan tindakan klinis. Hasilnya adalah peningkatan akses data dan manajemen untuk klinis, pengurangan *medical errors*, akses data menjadi mudah dan peningkatan efisiensi dan produktivitas kerja.



Gambar 4. Tampilan RIS (Bellon et al. 2011)

Menurut (Hsieh & Lo 2010), Berikut merupakan komponen dari PACS :

- Network (to acquire/distribute/transmit)*
- Servers (to maintain/control database)*
- Storage (secondary storage devices)*
- Workstations (reading and clinical review)*
- Protocols and Software: Network protocol: TCP/IP (the Internet Standard) dan Image Formats: DICOM 3 (this is key)*

Pola dan Model Integrasi Sistem

Helath Level Seven (HL7) dapat mengintegrasikan data pasien antara RIS, PACS dan EMR. Karena fungsi HL7 memungkinkan terjadinya pertukaran data elektronik antar sub-sistem atau aplikasi klinis yang berbeda.

1. Interface HL7

HL7 adalah standar pesan yang memungkinkan aplikasi klinis untuk pertukaran data. Dari sudut pandang praktis, HL7 telah menyusun koleksi format pesan dan standar klinis terkait yang longgar mendefinisikan presentasi ideal informasi klinis. HL7, yang merupakan singkatan dari Tingkat Kesehatan Tujuh adalah standar untuk bertukar informasi antara aplikasi medis. Standar ini mendefinisikan format untuk transmisi yang berhubungan dengan kesehatan informasi. Informasi yang dikirim menggunakan standar HL7 dikirim sebagai koleksi dari satu atau lebih pesan. Masing-masing mengirimkan satu record atau item yang berhubungan dengan informasi kesehatan. Menghasilkan suatu framework berupa template struktur data berdasarkan Reference Information Model (RIM), yang berisi spesifikasi tabel dan field yang sesuai dengan kebutuhan sistem rumah sakit secara spesifik. Template tersebut akan dijadikan sumber acuan standar bagi para pengembang aplikasi perangkat lunak (Raharja 2011)

2. Menurut (HL 7 2018), Kategori *Health Level 7* (HL7) adalah sebagai berikut:

- Section 1: Primary Standards*
- Section 2: Foundational Standards*
- Section 3: Clinical and Administrative Domains*
- Section 4: EHR Profiles*
- Section 5: Implementation Guides*
- Section 6: Rules and References*
- Section 7: Education & Awareness*

Alternatif kode dan klasifikasi yang dapat digunakan:
ICD 10, ICD 9CM, ICOPIM, SNOMED, LOINC,
MeSH, NIC-NOC, dll

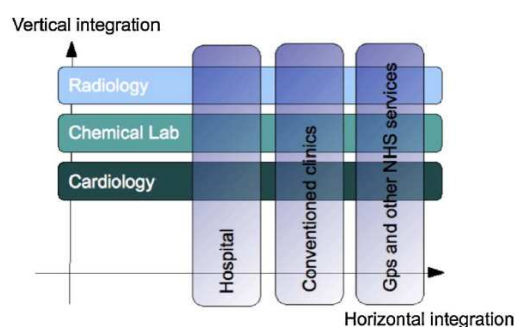
1. LOINC

Logical Observers Identifiers Name dan Code (LOINC) adalah database dan standar universal untuk mengidentifikasi pengamatan laboratorium medis. Hal ini dikembangkan dan dikelola oleh Regenstrief Institute, sebuah organisasi penelitian medis nirlaba AS, pada tahun 1994. Sejak awal, database telah diperluas untuk mencakup tidak hanya medis dan nama kode laboratorium, tetapi juga: diagnosis keperawatan, intervensi keperawatan, klasifikasi hasil, dan data perawatan

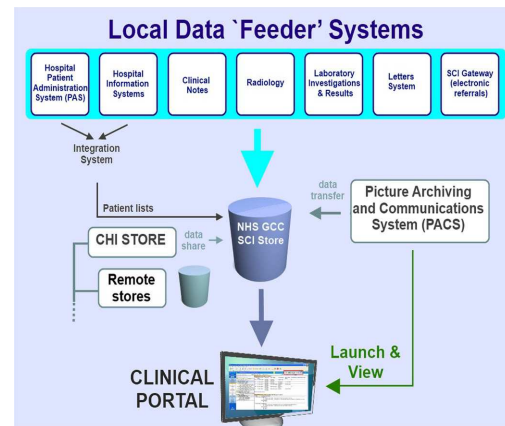
pasien ditetapkan. LOINC berlaku nama kode universal dan pengidentifikasi terminologi medis yang berkaitan dengan catatan kesehatan elektronik. Tujuannya adalah untuk membantu dalam pertukaran elektronik dan pengumpulan hasil klinis (seperti tes laboratorium, pengamatan klinis, manajemen hasil dan penelitian). LOINC memiliki dua bagian utama: laboratorium LOINC dan LOINC klinis. Klinis LOINC berisi subdomain Dokumen Ontologi yang menangkap jenis laporan klinis dan dokumen (LOINC 2018).

2. SNOMED CT

SNOMED CT (*Sistematis Nomenklatur Of Clinical Medicine Syarat*), adalah sebuah komputer secara sistematis terorganisir koleksi processable istilah medis memberikan kode, istilah, sinonim dan definisi yang meliputi penyakit, temuan, prosedur tindakan, perawatan, obat-obatan, mikroorganisme, zat, dll. Hal ini memungkinkan cara yang konsisten untuk indeks, menyimpan, mengambil, dan data klinis agregat di spesialisasi dan situs perawatan. Hal ini juga membantu dalam mengatur isi rekam medis, mengurangi variabilitas data yang ditangkap, dikodekan dan digunakan untuk perawatan klinis pasien dan penelitian. Tujuan utama dari SNOMED CT adalah untuk mendukung rekaman klinis efektif data dengan tujuan meningkatkan perawatan pasien. Ini adalah koleksi terstruktur dari istilah medis yang digunakan secara internasional untuk merekam informasi klinis dan dikodekan dalam komputer secara *processable* (Allones et al. 2014).

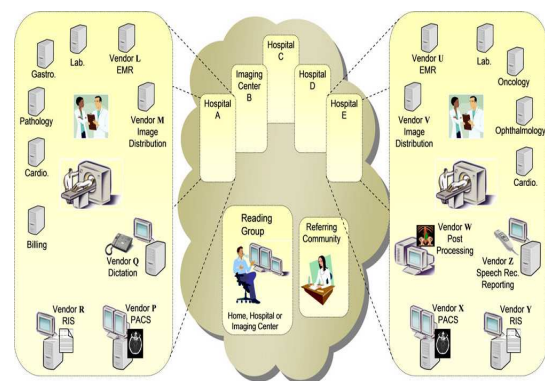


Gambar 5. PACS will be the hub for the 'vertical' and 'horizontal' integration of healthcare systems (Faggioni et al. 2011)



Gambar 6. NHS GGC electronic clinical portal & eHealth systems architecture (Bouamrane & Mair 2014)

Dalam melakukan integrasi sistem yang berbeda, hal yang sangat penting harus diperhatikan adalah standar dan protokol yang dimiliki oleh sebuah sistem. Sebuah sistem informasi pasti memiliki standar dan protokol yang unik dan berbeda, karena didalamnya juga terdapat unsur database, bahasa, algoritma pemrograman dan pola perancangan yang berbeda.



Gambar 7. Arsitektur Integrated Radiology Information System (Benjamin et al. 2010)

Standarisasi Proocol dan Komunikasi OSI

OSI Model adalah model atau acuan arsitektural utama untuk network yang mendeskripsikan bagaimana data dan informasi network di komunikasikan dari sebuah aplikasi komputer ke aplikasi komputer

lain melalui sebuah media transmisi. OSI berupaya membentuk standar umum jaringan computer untuk menunjang interoperabilitas antar sistem yang berbeda. Dalam suatu jaringan yang besar biasanya terdapat banyak protokol jaringan yang berbeda. Tidak adanya suatu protokol yang sama, membuat banyak perangkat tidak bisa saling berkomunikasi. OSI *Reference Model* pun akhirnya dilihat sebagai sebuah model ideal dari koneksi logis yang harus terjadi agar komunikasi data dalam jaringan dapat berlangsung (Hakam 2016).

Tabel 1. Lapisan OSI (Hakam 2017)

No	Lapisan	Fungsi/
	Lapisan 1 (<i>Physical</i>)	Lapisan terendah ini mengatur sinkronisasi pengirim dan penerima data, spesifikasi, mekanik, elektrik, dan interface antar terminal, seperti : Besar tegangan, Frekuensi, Impedansi, Koneksi pin, dan Jenis kabel.
	Lapisan 2 (<i>Data Link</i>)	Pada lapisan ini data diubah dalam bentuk paket, sinkronisasi paket yang di kirim maupun yang diterima, persiapan saluran antar terminal, pendeteksian kesalahan yang terjadi saat pengiriman data dan pengendalian akses saluran.
	Lapisan 3 (<i>Network</i>)	Lapisan ini menentukan rute pengirim dan mengendalikan kemacetan agar data sampai di tempat tujuan dengan benar.
	Lapisan 4 (<i>Transport</i>)	Lapisan ini mengatur keutuhan data, menerima data dari lapisan session dan meneruskannya ke lapisan network. Lapisan ini juga memeriksa apakah data telah sampai di alamat yang dituju.
	Lapisan 5 (<i>Session</i>)	Lapisan ini menyiapkan saluran komunikasi dan terminal dalam hubungan antar terminal, mengkoordinasikan proses pengiriman serta mengatur pertukaran data.

Lapisan 6 (<i>Presentation</i>)	Pada lapisan ini dilakukan konversi data agar data yang dikirim dapat dimengerti oleh penerima, kompresi teks dan penyandian data.
Lapisan 7 (<i>Application</i>)	Lapisan paling tinggi ini mengatur interaksi pengguna komputer dengan program aplikasi yang di pakai. Lapisan ini juga mengatur pemakaian bersama data dan peralatan pengiriman file dan pemakaian database.

PEMBAHASAN

1. *Human and User*

Meskipun banyak manfaat yang bisa didapatkan oleh dokter, melalui implementasi *electronic medical record* (EMR) yang terintegrasi dengan PACS dan LIS. Namun, bukan berarti dokter/ tenaga kesehatan lainnya bisa menerima teknologi yang ada dengan mudah. Karena beberapa, ternyata kurang familiar dengan teknologi komputer, sehingga kondisi tersebut akan menghambat penerimaan *user* terhadap sistem yang ada. Selain itu dalam proses melakukan integrasi, terkadang terjadi banyak hambatan dan kurang keterbukaan, antara pengguna, developer, unit IT, Perusahaan pemegang lisensi, dan pihak terkait lainnya (Hurlen, et al., 2011).

2. *Management*

Kurangnya dukungan dari pihak manajemen, juga merupakan tantangan yang di hadapi dalam implementasi dan integrasi sebuah sistem informasi (Pynoo et al. 2011). Untuk itu diperlukan dukungan dan komitmen dari manajemen yang kuat, termasuk memfasilitasi pelatihan sistem informasi dan teknologi kepada *user* (Fridell, et al., 2009)

3. *Technology*

- a. Integrasi Dengan Berbagai Platform Berbeda
 Salah satu tantangan melakukan integrasi EMR dengan PACS dan LIS atau sistem lainnya, adalah bagaimana mengintegrasikan berbagai *platform* dari beberapa sistem yang sudah ada, namun

tetap dapat mengakomodasi fitur-fitur yang ada di dalam PACS dan LIS (Sutton 2011). Hal tersebut menjadi sebuah tantangan tersendiri, karena semakin banyak platform yang harus diintegrasikan, maka akan semakin banyak pula kepentingan yang harus bisa diakomodasi.

- b. Standarisasi Data dan Klasifikasi yang Digunakan
Dalam integrasi sistem dengan protokol dan standar data yang berbeda, memerlukan proses yang cukup rumit dan memakan waktu. Karena kita harus memahami terlebih dulu protokol sistem dan melakukan standarisasi data, baik data administratif maupun klinis.
- c. Manajemen Keamanan Data
Keamanan data juga merupakan hal yang harus diperhatikan. Dengan platform aplikasi yang berbeda dan pengembangan masing-masing sistem juga dilakukan oleh *developer* yang berbeda pula. Manajemen harus tetap memperhatikan aspek keamanan data, saat terjadinya integrasi dan *sharing* data antar sub-sistem dengan standar protokol sistem yang berbeda.

SIMPULAN

Integrasi *Electronic Medical Record* (EMR) dengan LIS dan PACS, membutuhkan beberapa persiapan dan beberapa aspek yang harus diperhatikan, yaitu meliputi : 1) Kebutuhan terhadap standar data dan terminologi medis, (2) Aspek *privacy*, kerahasiaan dan keamanan data, (3) Pelaksanaan entri data (*User Implementation*), (4) Analisa Persiapan dan Kebutuhan Teknologi/ Sistem Informasi, (5) Kebijakan dan Dukungan Pimpinan, (6) *Standart dan Protocol System*, (7) Pola dan Model Integrasi Sistem, (8) Standarisasi *Protocol* dan Komunikasi OSI.

DAFTAR PUSTAKA

Aldosari, B., 2014. Rates, levels, and determinants of electronic health records system adoption: A study of hospitals in Riyadh, Saudi Arabia. *International journal of medical informatics*, 83(5), pp.330–42. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24560609> [Accessed March 16, 2015].

Allones, J.L., Martinez, D. & Taboada, M., 2014. Automated Mapping of Clinical Terms into SNOMED-CT. An Application to Codify Procedures in Pathology. *Journal of Medical Systems*, 38(10).

Bellon, E. et al., 2011. Trends in PACS architecture. , 78, pp.199–204.

Benjamin, M., Aradi, Y. & Shreiber, R., 2010. From shared data to sharing workflow : Merging PACS and teleradiology. , 73, pp.3–9.

Bouamrane, M. & Mair, F.S., 2014. Implementation of an integrated preoperative care pathway and regional electronic clinical portal for preoperative assessment. , pp.1–19.

Çağındı, Ö. & Ötleş, S., 2004. Importance of laboratory information management systems (LIMS) software for food processing factories. *Journal of Food Engineering*, 65(4), pp.565–568. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877404000846>.

Faggioni, L. et al., 2011. The future of PACS in healthcare enterprises. *European Journal of Radiology*, 78, pp.253–258. Available at: http://ac.els-cdn.com/S0720048X10003190/1-s2.0-S0720048X10003190-main.pdf?_tid=45af91f2-257f-11e5-b3fc-00000aabb0f26&acdnat=1436366606_d7c807f8b1cbaf72e06a41074cd0323d.

Fridell, K. et al., 2009. PACS influence the radiographer 's work.

Hakam, F., 2016. *Analisis, Perancangan dan Evaluasi Sistem Informasi Kesehatan*, Yogyakarta: Gosyen Publishing.

Hakam, F., 2016. *Implementasi Electronic Medical Record (EMR) Di Sarana Pelayanan Kesehatan*, Malang.

Hakam, F., 2017. *Rencana Strategis Sistem Informasi dan Teknologi Informasi (RENSTRA SI-TI) Rumah Sakit*, Yogyakarta: TEKNOSAIN (CV Graha Ilmu).

HL 7, 2018. Introduction to HL7 Standards. *Health Level 7*. Available at: <http://www.hl7.org/implement/standards/>.

Hsieh, J.C. & Lo, H.C., 2010. The clinical application of a PACS-dependent 12-lead ECG and image information system in E-medicine and

- telemedicine. *Journal of Digital Imaging*, 23(4), pp.501–513.
- Huang, H.K., 2008. Utilization of medical imaging informatics and biometrics technologies in healthcare delivery. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 3, pp.27–39.
- Hurlen, P. et al., 2012. Does PACS improve diagnostic accuracy in chest radiograph interpretations in clinical practice ? *European Journal of Radiology*, 81(1), pp.173–177.
- Le, A.H.T. & Liu, B., 2009. Integration of computer-aided diagnosis / detection (CAD) results in a PACS environment using CAD – PACS toolkit and DICOM SR Integrating the Healthcare Enterprise. , pp.317–329.
- LOINC, 2018. Represent Social Determinants of Health with LOINC. *Social Determinants of Health*. Available at: <https://loinc.org/sdh/>.
- Nolden, M. et al., 2013. The Medical Imaging Interaction Toolkit : challenges and advances 10 years of open-source development. , pp.607–620.
- Pynoo, B. et al., 2011. Do hospital physicians' attitudes change during PACS implementation ? A cross-sectional acceptance study. *International Journal of Medical Informatics*, 81(2), pp.88–97.
- Raharja, P.U., 2011. *Penerapan Health Level 7 (HL7) Pada Radiology Information System (RIS)*, Surabaya.
- Russom, D. et al., 2012. Implementation of a configurable laboratory information management system for use in cellular process development and manufacturing. *Cytotherapy*, 14(1), pp.114–121. Available at: <http://dx.doi.org/10.3109/14653249.2011.619007>.
- Sutton, L.N., 2011. PACS and diagnostic imaging service delivery — A UK perspective. , 78, pp.243–249.
- Turner, E. et al., Implementing a Laboratory Information Management System (LIMS) in an Army Corps of Engineers' Water Quality Testing Laboratory.