

IMPLEMENTASI *INTERNET OF THINGS* UNTUK SEKTOR KESEHATAN



Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos Dan Informatika
Badan Penelitian Dan Pengembangan SDM
Kementerian Komunikasi Dan Informatika
Tahun 2016

IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS UNTUK SEKTOR KESEHATAN

Pengarah: Dr. Ir. Basuki Yusuf Iskandar, MA

Penanggung Jawab: Drs. Sunarno, MM

Tim Penyusun: Sri Ariyanti; Kautsarina; Amry Daulat Gultom; Awangga Febian S;
Kasmad Ariansyah; Diah Yuniarti; Wirianto Pradono; Bagus
Winarko; Diah Kusumawati; Hillarion Hamjen.

Jakarta : Badan Litbang SDM, 2016

58 Halaman , 21 x 28 cm

Penyunting/Editor:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan
Pos dan Informatika.

Kontributor/Narasumber: Muhammad Suryanegara; Eddy Mutjabar; Idar
Mappangara; Ian Yoseph; Yaya Suryana; Wisnu Djatmiko; Aries Syamsuddin;
Kementerian Kesehatan; Direktorat Standardisasi; Direktorat Keamanan Informasi;
BJPS Kesehatan; ID-SIRTII; Kepala Puskesmas kota Jakarta, Depok, Bogor, Makassar,
Surabaya dan Tangerang; Dinas Kominfo kota Jakarta, Depok, Bandung, Bogor,
Surabaya danTangerang.

Penerbit:

Pusat Litbang Sumber Daya, Perangkat dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika
Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia
Kementerian Komunikasi dan Informatika
Jl. Medan Merdeka Barat No. 9 Jakarta 10110, Telp./Fax. 34833640
Website: <http://www.balitbangsdm.kominfo.go.id>

IMPLEMENTASI *INTERNET OF THINGS* UNTUK SEKTOR KESEHATAN

© Hak Cipta Dilindungi Undang – Undang. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit

Diterbitkan oleh Puslitbang SDPPPI, Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia – Kementerian Komunikasi dan Informatika

Cetakan Pertama
Desember 2016

Ringkasan Eksekutif

Kesehatan merupakan investasi untuk mendukung pembangunan ekonomi serta memiliki peran penting dalam upaya penanggulangan kemiskinan. Kondisi umum kesehatan dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu lingkungan, perilaku, dan pelayanan kesehatan. Pelayanan kesehatan sangat dipengaruhi oleh fasilitas pelayanan kesehatan. Negara Indonesia dengan kondisi geografis yang berbeda-beda memberikan pengaruh pelayanan kesehatan yang berbeda-beda pula. Masyarakat yang berada di daerah pedesaan dan perbatasan akan memperoleh akan memperoleh pelayanan yang terbatas jika dibanding di daerah perkotaan. Keterbatasan pelayanan kesehatan tersebut dapat diatasi dengan teknologi, salah satunya *Internet of Things (IoT)*. *Internet of Things* untuk sektor kesehatan saat ini sangat diperlukan di Indonesia untuk memberikan efisiensi biaya pelayanan kesehatan terutama bagi masyarakat di daerah tertinggal. Oleh karena itu perlu dikaji bagaimana penerapan IoT untuk sektor kesehatan dalam rangka meningkatkan pelayanan kesehatan serta mengurangi angka kematian penduduk Indonesia.

Hasil studi diperoleh framework IoT untuk sektor kesehatan berdasarkan ITU meliputi *application layer*, *service support and application layer*, *network layer*, dan *device layer*. Berdasarkan data diagnosa penyakit di Faskes Tk 1 dan Tk II, maka usulan pada *application layer* yaitu perangkat Tele-EKG, Tele-Radiologi, Tele-USG,, tele-konsultasi, dan *wearable blood pressure monitoring devices*. Sistem operasi yang digunakan berbasis open source maupun license, yaitu Microsoft windows, Unix Mac OS, IOS dan android. Interoperability sistem tele-health menggunakan HL7 dan DICOM. HL7 mengacu pada pada SNI ISO/HL7 21731:2014. Berdasarkan data dari PT. Kun Telemedika dan beberapa referensi, format data Tele-EKG berupa PDF; format Tele-USG berupa JPG, PNG, AVI, MPEG, MP4; tele-radiologi berupa PNG, JPG, GIF, JPEG, JPEG2000, MPEG-4, MJPEG, INTERFILE, BITMAP, JPEG, JPEG2000; Telekonsultasi berupa VGA. Data yang dikirimkan sebaiknya tidak dikompresi agar tidak mengalami kerusakan. Sensor sebaiknya mengacu pada Peraturan Menteri Kominfo No. 34 tahun 2012. Minimal *data rate* yang digunakan untuk mengirimkan data *tele-health* sebesar 384 kbps, sehingga minimal jaringan yang digunakan yaitu teknologi 3G.

Komunikasi *Wearable blood pressure monitoring devices* menggunakan WBAN (*Wireless Body Area Network*) sesuai dengan IEEE 802.16-2012. IEEE 802.15.6-2012 merupakan standard untuk jarak dekat (*short-range*), komunikasi nirkabel di sekitar, atau di dalam tubuh manusia (tapi tidak terbatas pada manusia). Standard device untuk *wearable blood pressure monitoring devices* berdasarkan pada IEEE 11073 *Personal Health Device standard*. Kemampuan keamanan IoT, terutama dalam perangkat IoT kesehatan, harus memenuhi persyaratan kebutuhan, yaitu *confidentiality, integrity, authentication, availability, data freshness, non-repudiation, authorization, resiliency, fault tolerance* dan *self-healing*. Perkiraan biaya program *tele-health* biaya program *tele-health* di Indonesia sebesar 27.5 Miliar, atau 2.86% dari anggaran tahun 2015.

Usulan untuk interoperabilitas mengacu pada SNI ISO/HL7 21731:2014 yang berjudul Informatika Kesehatan-HL7 versi 3 – Model informasi referensi – Rilis 1 (ISO/HL7 21731:2006, IDT). Usulan standard gambar medis dan informasi *tele-health* menggunakan DICOM (ISO 12052:2006). Usulan untuk pembangunan jaringan Daerah Terpencil, Perbatasan dan Kepulauan (DTPK) minimal jaringan 3G. Biaya untuk program *tele-health* tidak terlalu banyak apabila dibandingkan dengan anggaran Kementerian Kesehatan. Usulan untuk memperluas ruang lingkup regulasi dari pengaturan keamanan yang belum tercakup di UU dan Permen untuk perangkat IoT sektor kesehatan, yaitu dari aspek ketahanan terhadap serangan dan aspek pemulihan diri (*self-healing*).

Studi ini memberikan rekomendasi yaitu perlu diatur penggunaan Zigbee, baik pengaturan frekuensi maupun standardnya, perlu diatur standard gambar dan video untuk layanan *tele-health* agar data yang dikirimkan dapat dibaca oleh dokter spesialis dengan jelas. Perlu dibuat peraturan mengenai standard WBAN baik alokasi frekuensi, daya pancar serta pola radiasi untuk meminimalkan SAR (*Specific Absorbtion Rate*). Perlu dibuat komite yang bertugas untuk mendukung *management capability* sistem IoT antara kementerian dan instansi yang terkait.

Kata Pengantar

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan sekaligus mempublikasikan buku "Implementasi *Internet of Things* untuk Sektor Kesehatan".

Dalam menyusun buku ini, penulis banyak memperoleh bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Basuki Yusuf Iskandar, selaku Kepala Badan Litbang SDM, Kementerian Komunikasi dan Informatika
2. Bapak Sunarno, selaku Kepala Puslitbang SDPPPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika
3. Pejabat Eselon III dan Eselon IV di lingkungan Puslitbang SDPPPI Kemkominfo yang telah memberikan arahan dan masukan yang berguna bagi studi ini.
4. Para Peneliti dan Calon Peneliti di lingkungan Badan Litbang SDM Kemkominfo
5. Suami dan anak tercinta yang selalu mendukung, mendoakan, memberikan bantuan baik moril maupun materil, dan memberikan keceriaan.
6. Seluruh teman – teman yang telah banyak membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna sempurnanya buku ini.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Jakarta, Desember 2016

Tim Peneliti

Daftar Isi

Ringkasan Eksekutif	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Latar Belakang.....	1
Landasan Teori.....	3
Penelitian Sejenis	3
<i>Internet of Things</i>	6
Privasi dan Keamanan.....	10
Framework IoT Kesehatan.....	13
Privasi dan Keamanan	31
Biaya Tele-Health Indonesia	41
Penutup	46
Kesimpulan	46
Rekomendasi	46
Daftar Pustaka.....	47

Latar Belakang

Kesehatan merupakan investasi untuk mendukung pembangunan ekonomi serta memiliki peran penting dalam upaya penanggulangan kemiskinan. Pembangunan kesehatan harus dipandang sebagai suatu investasi untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Dalam pengukuran Indeks Pembangunan Manusia, kesehatan adalah salah satu komponen utama selain pendidikan dan pendapatan dalam Undang-Undang Nomor 23 tahun 1992 tentang Kesehatan ditetapkan bahwa kesehatan adalah keadaan sejahtera dari badan, jiwa dan sosial yang memungkinkan setiap orang hidup produktif secara sosial dan ekonomi.

Berdasarkan data *CIA World Factbook* tahun 2014, indeks kematian di Indonesia cukup tinggi, yaitu sebesar 6,34 (pada urutan 155 di dunia). Angka kematian di Indonesia terbesar disebabkan oleh penyakit tidak menular. Menurut Menteri Kesehatan Nila F. Moeloek (6 Januari 2016), stroke dan kecelakaan lalu lintas menjadi penyebab kematian terbesar di tahun 2015. Sementara penyakit menular seperti TBC justru ada di peringkat keenam didahului oleh jantung iskemik, kanker dan *diabetes mellitus*.

Kondisi umum kesehatan dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu lingkungan, perilaku, dan pelayanan kesehatan. Sementara itu pelayanan kesehatan dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain ketersediaan dan mutu fasilitas pelayanan kesehatan, obat dan perbekalan kesehatan, tenaga kesehatan, pembiayaan dan manajemen kesehatan. Fasilitas pelayanan kesehatan dasar, yaitu Puskesmas yang diperkuat dengan Puskesmas Pembantu dan Puskesmas Keliling, telah didirikan di hampir seluruh wilayah Indonesia. Saat ini, jumlah Puskesmas di seluruh Indonesia pada tahun 2015 sebanyak 3.396 puskesmas rawat inap dan 6.358 puskesmas non rawat inap. Meskipun fasilitas pelayanan kesehatan dasar tersebut terdapat di semua kecamatan, namun pemerataan dan keterjangkauan pelayanan kesehatan masih menjadi kendala. Fasilitas ini belum sepenuhnya dapat dijangkau oleh masyarakat, terutama terkait dengan biaya dan jarak transportasi.

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan teknologi, melalui teknologi masyarakat diharapkan dapat memperoleh layanan kesehatan secara cepat dan tepat. Teknologi

yang menjadi isu hangat saat ini adalah *Internet of Things* (IoT). IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata.

IoT merupakan paradigma dimana setiap objek dapat digunakan alat yang dapat mengidentifikasi, mengindra, terhubung dengan jaringan telekomunikasi dan mampu melakukan komunikasi dengan peralatan lain yang terhubung dengan internet (Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, 2015). IoT sudah diaplikasikan di beberapa negara untuk *smart city*, transportasi, kesehatan, dan lain-lain. Sebagai contoh, Brazil sudah menerapkan IoT pada sektor kesehatan. Penerapan tersebut dapat mengurangi antrian, menambah pasien sebanyak 28.4 juta pasien dan diperkirakan dapat mengurangi biaya pelayanan kesehatan sebesar US\$14.1 milyar pada tahun 2017 (Martinhão, 2016).

IoT untuk sektor kesehatan saat ini sangat diperlukan di Indonesia untuk memberikan efisiensi biaya pelayanan kesehatan terutama bagi masyarakat di daerah tertinggal. Maka dari itu ditemukanali permasalahan bagaimana *framework* nasional untuk penerapan IoT untuk kesehatan, biaya penerapan *tele-health* di Indonesia, standar *privacy* dan *security* pada penerapan IoT untuk sektor kesehatan. Studi ini untuk memperoleh gambaran penerapan IoT sektor kesehatan. Adapun sasaran yang diharapkan yaitu dapat dijadikan acuan bagi pemerintah untuk penerapan IoT bagi sektor kesehatan.

Landasan Teori

Penelitian Sejenis

A Real-time Collaborative Tele-ultrasonography System Applied to Underserved Communities - IEEE Life Sciences (Binotto, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui format pengiriman data sistem *tele-USG* yang paling bagus melalui interview terhadap dokter dan tenaga medis. Sistem yang digunakan tidak hanya untuk mentransfer video USG, tetapi juga untuk berinteraksi antara dokter spesialis dengan *tele-USG*. Hasil penelitian dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Sistem *Tele-USG*

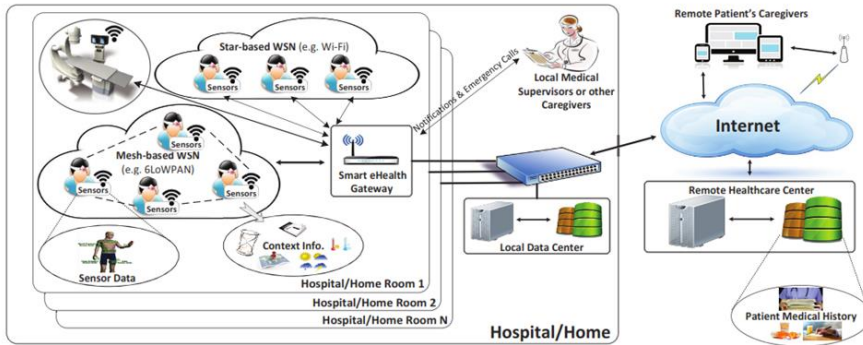
Format	AVI, MP4
Ukuran	720x480 (USG) 320x240 (komunikasi dokter spesialis dan petugas kesehatan)
Frame rate	20 fps (<i>frame per seconds</i>), 30 fps (<i>more recommended</i>)
Kompresi	Video: H.264. lebih direkomendasikan menggunakan MPEG-4, karena <i>delay</i> H.264 lebih tinggi (1 detik). Audio: AAC 128 kbps
Standard device (<i>interoperability</i> , daya pancar, koneksi antara perangkat ke PC)	Protocol: DICOM Data rate: 1 Mbps Delay: 300 ms Interface: USB
Packet loss ratio	1×10^{-3} (ITU-T Recommendation Y.1541 for real time conversational service)

Sumber: (Binotto, 2012)

Smart e-Health Gateway: Bringing intelligence to Internet-of-Things based ubiquitous healthcare systems (Rahmani, A. M., Thanigaivelan, N.

K., Gia, T. N., Granados, J., Negash, B., Liljeberg, P., & Tenhunen, 2015). Saat ini terdapat kemajuan yang signifikan di bidang IoT baru-baru ini. Pada saat yang sama terdapat permintaan yang terus tumbuh untuk sistem kesehatan untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan manusia. Dalam kebanyakan sistem monitoring pasien yang berbasis IoT, terutama pada rumah pintar atau rumah sakit, terdapat titik penghubung (yaitu *gateway*) antara jaringan sensor dan internet yang sering hanya melakukan fungsi dasar seperti menerjemahkan antara protokol yang digunakan di internet dan jaringan sensor. *Gateway* ini

memiliki seluruh data yang akan dikirimkan melalui internet. Kajian tersebut menunjukkan sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT dengan meningkatkan sistem secara keseluruhan, efisiensi energi, kinerja, interoperabilitas, keamanan, dan kehandalan.



Gambar 1 Konsep IoT pada eHealth

(Rahmani, A. M., Thanigaivelan, N. K., Gia, T. N., Granados, J., Negash, B., Liljeberg, P., & Tenhunen, 2015)

Arsitektur sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT yang dapat digunakan di rumah sakit pintar atau rumah ditunjukkan pada Gambar 2. Dalam sistem tersebut, informasi kesehatan terkait pasien dicatat oleh sensor, baik itu implan atau model yang dikenakan (seperti baju atau *gadget*) yang diperuntukkan untuk pemantauan pribadi dari beberapa parameter data kesehatan misalnya: suhu tubuh, denyut jantung dan lain-lain sesuai dengan kebutuhan pengobatan serta dapat disertai data pendukung seperti waktu, suhu, lokasi, dan lain-lain. Konteks kesadaran (*context-awareness*) memungkinkan untuk mengidentifikasi pola-pola yang tidak biasa dan membuat kesimpulan yang lebih tepat tentang situasi orang tersebut. Sensor dan aktuator lainnya (misalnya peralatan medis) dapat juga terhubung ke sistem untuk mengirimkan data ke staf medis seperti gambar resolusi tinggi (misalnya *CAT scan*, *magnetic resonance imaging*). Arsitektur sistem mencakup komponen-komponen utama berikut ini:

- 1) *Medical sensor network*
- 2) *Smart e-health gateway*
- 3) *Back-end system*

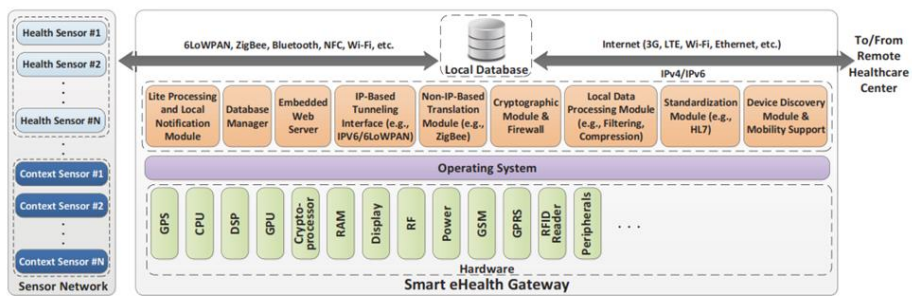
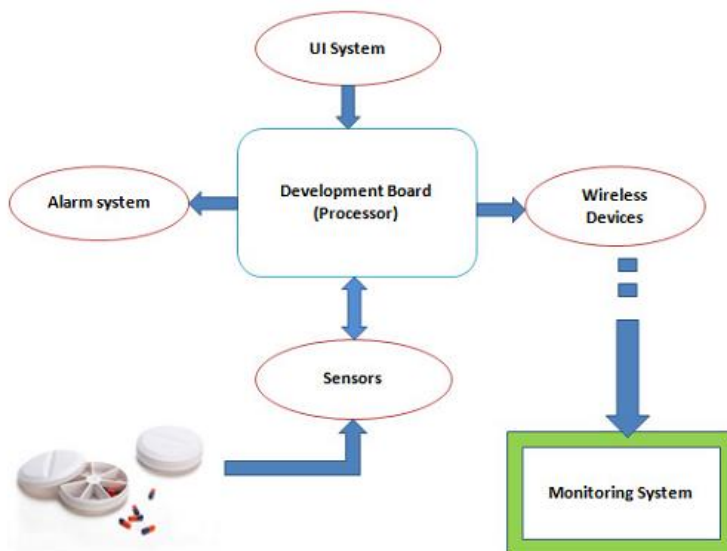


Fig. 2: Smart e-Health Gateway architecture

Gambar 2 Arsitektur Gateway Smart e-Health

Medicine Reminder and Monitoring System for Secure Health Using IoT (Samir V. Zanjala, 2015).

Penelitian ini bertujuan membuat model sistem IoT untuk sektor kesehatan khususnya digunakan untuk perawatan kesehatan seperti penjadwalan obat, pemantauan dan pembaruan data obat baru pasien yang dapat dilakukan dengan resep dokter melalui website. Berikut sistem yang dibuat:



Gambar 3 Blok Diagram dari Medicine Reminder Meliputi Remote Monitoring

Sistem monitoring dapat diimplementasikan dengan elemen penginderaan dan modul nirkabel yang aman sehingga pesan informasi kesehatan tidak rusak. IoT berperan penting dalam komunikasi dua peralatan, penggunaan standard pesan dan protokol komunikasi agar data kesehatan yang dikirim aman. *Open source cloud* IoT akan

efektif untuk menyimpan data sensor, keuntungan penyimpanan secara digital adalah memperoleh data kembali secara mudah dan cepat dalam keadaan darurat untuk keamanan kesehatan.

Development of a Tele-Healthcare System Based on the HL7 Standard (Kuyeon Lee, Juyoung Park, 2014).

Prototype sistem *telehealthcare* berdasarkan pada standard HL7, termasuk pada sistem monitoring *electrocardiogram* (ECG) dan *interface* HL7. Sistem pemantauan EKG dapat memperoleh sinyal ECG menggunakan *Bluetooth*, dan menampilkannya secara real time. HL7 *interface* mengkonversi data yang diukur dengan format pesan HL7 untuk interoperabilitas. Sistem yang diusulkan diperluas, dan secara mudah dapat diintegrasikan dengan peralatan bergerak yang lain melalui *Bluetooth*. Hasil uji dan evaluasi performansi menunjukkan bahwa sistem dapat menyediakan layanan *tele-monitoring*, terlepas dari lokasi pasien, dan dapat memberikan kontribusi pada sistem informasi rumah sakit.

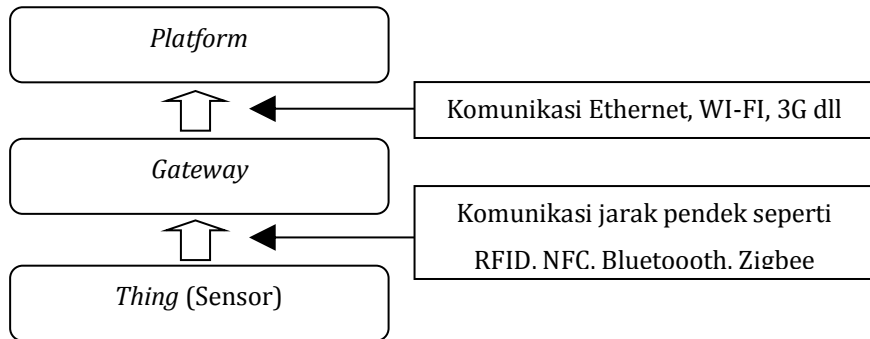
Interoperability adalah kemampuan peralatan menyediakan data yang dapat diakses oleh peralatan dan sistem lainnya, serta pengguna (Lee, K., Park, J., & Kang, 2014). HL7 dapat digunakan untuk interoperabilitas. HL7 merupakan standard pengiriman pesan yang kebanyakan digunakan untuk *e-health*, dan secara umum diterima sebagai pilihan terbaik untuk bertukar informasi klinis dalam lingkungan yang heterogen pada sistem informasi laboratorium dan sistem informasi rumah sakit.

Paper ini difokuskan pada pengembangan sistem *telehealthcare* yang menghubungkan peralatan yang mengukur data psikologi, khususnya sinyal ECG. Sistem ini memanfaatkan standard HL7 untuk interoperabilitas, memungkinkan informasi klinis yang akan dibuat tersedia untuk tenaga profesional medis pada sistem informasi rumah sakit.

Internet of Things

IoT secara umum mengacu pada skenario keterhubungan jaringan dan kemampuan *computing* pada suatu objek, sensor dan setiap barang tidak dianggap sebagai komputer, yang memungkinkan perangkat untuk menghasilkan, bertukar informasi dan mengkonsumsi data dengan minimal intervensi manusia.

Sistem komunikasi IoT secara umum diperlihatkan pada Gambar 4. Komunikasi antara sensor dengan *gateway* biasanya digunakan *Radio Frequency Identification (RFID)*, *Near Field Communication (NFC)*, *Bluetooth*, *Zigbee* dan lain-lain. Sedangkan untuk komunikasi antara *gateway* dan *platform* digunakan teknologi komunikasi yang umumnya mempunyai jangkauan lebih jauh, seperti *Ethernet*, *Wi-Fi*, *3G* dan lain-lain.

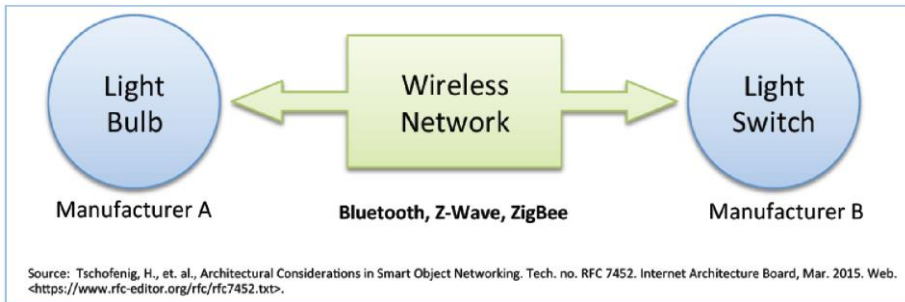


Gambar 4 Landscape IoT
(Walker, 2014)

Secara lebih detail, model komunikasi IoT terdiri dari (Rose, K., Eldridge, S., & Lyman, 2015):

a) *Device-to-Device Communications*

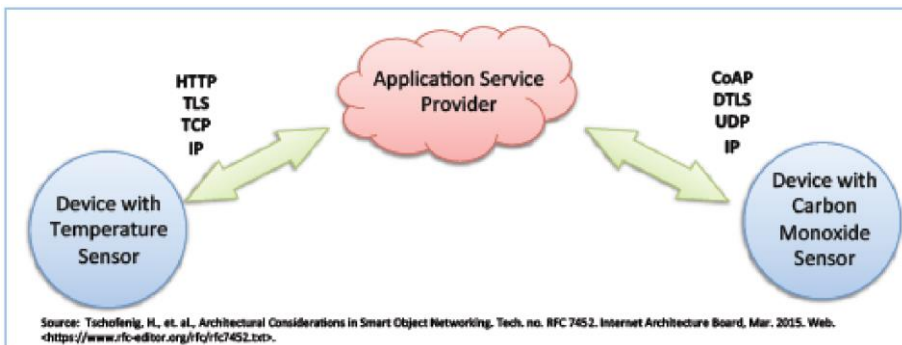
Device-to-Device Communications merupakan dua atau lebih perangkat yang terhubung secara langsung dan berkomunikasi antara yang satu dengan yang lain, bukan melalui server aplikasi sementara. Perangkat ini berkomunikasi melalui berbagai jenis jaringan, termasuk jaringan IP atau internet. Seringkali perangkat ini menggunakan protokol seperti *Bluetooth*, *Z-Wave* atau *Zigbee* untuk membangun komunikasi langsung antar perangkat. Gambar 5 menunjukkan model komunikasi *device-to-device*.



Gambar 5 Model Jaringan Komunikasi *Device-to-Device*

b) *Device-to-Cloud Communications*

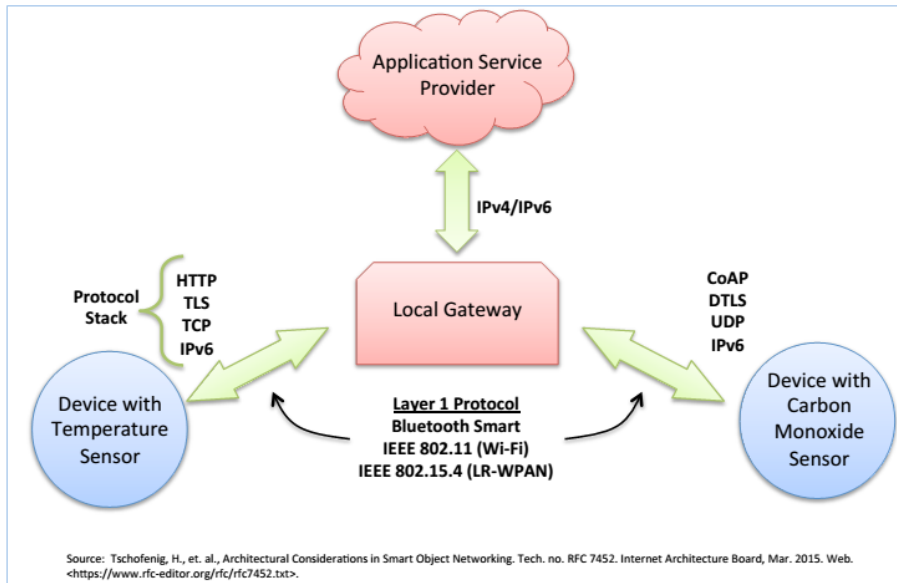
Perangkat IoT terhubung secara langsung ke layanan *cloud* pada internet seperti penyedia layanan aplikasi untuk bertukar data dan mengontrol trafik. Komunikasi ini mengambil keuntungan dari komunikasi yang ada seperti *Ethernet* atau Wi-Fi untuk membangun komunikasi antara perangkat dan jaringan IP, yang akhirnya terhubung ke layanan *cloud*. Gambar 6 menunjukkan model komunikasi *device-to-cloud*.



Gambar 6 Model Diagram Komunikasi *Device-to-Cloud*

c) *Device-to-Gateway Model*

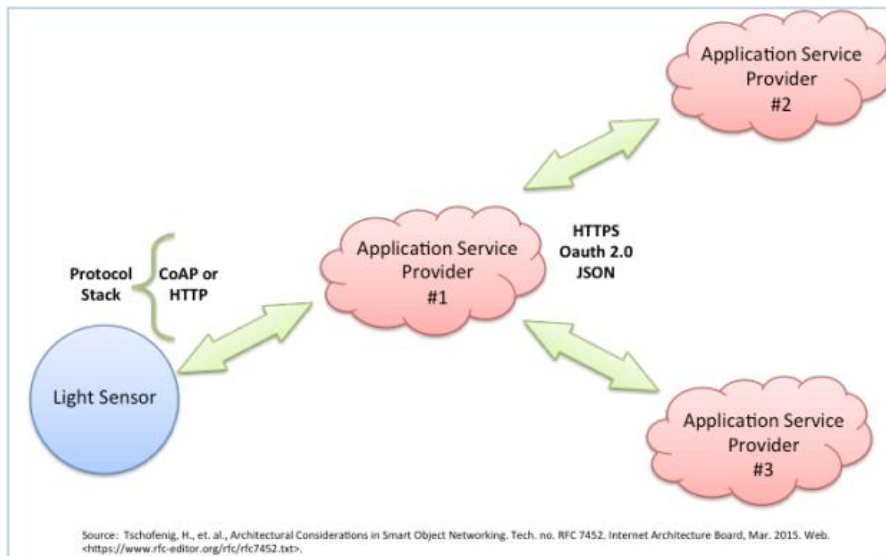
Device-to-Gateway Model atau biasanya disebut *device-to-application-layer gateway* menghubungkan perangkat IoT ke layanan ALG sebagai saluran untuk mencapai layanan *cloud*. Dalam istilah sederhana, ada aplikasi *software* yang beroperasi pada perangkat *gateway* lokal, yang bertindak sebagai perantara antara perangkat dan layanan *cloud* dan penyedia keamanan dan fungsi lain seperti data atau protokol. Adapun model *device-to-gateway* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Model Komunikasi Device-to-Gateway

d) *Back-End Data-Sharing Model*

Model *Back-End Data-Sharing* merupakan arsitektur komunikasi yang memungkinkan pengguna untuk mengirimkan dan menganalisis objek data dari layanan cloud yang terkombinasi dengan data sumber lain. Arsitektur ini mendukung "keinginan [pengguna] untuk memberikan akses ke data sensor yang diunggah ke pihak ketiga". Model ini merupakan perluasan dari model komunikasi *single device-to-cloud* dimana perangkat IoT dapat mengunggah data hanya pada penyedia layanan aplikasi tunggal. Arsitektur *back-end sharing* mengizinkan data terkumpul dari sebuah perangkat IoT yang kemudian dianalisis. Gambar 8 menunjukkan model komunikasi back-end data-sharing.



Gambar 8 Model Back-End Data Sharing

Privasi dan Keamanan

Penggunaan teknologi IoT, dalam pelayanan kesehatan, diharapkan membawa kenyamanan bagi pasien dan dokter karena berbagai aplikasi seperti pemantauan *real time*, sistem manajemen informasi pasien, dan sistem manajemen kesehatan (He & Zeadally, 2015). Peralatan medis dalam teknologi *e-health*, seperti perangkat yang dipakai (*wearable device*) dapat dihubungkan ke teknologi IOT untuk pemantauan jarak jauh, pemantauan *real time* dan konsultasi medis secara *online*.

Privasi berarti bahwa pasien memiliki hak untuk menanggapi pengungkapan informasi pribadi mereka (Lee, Chang, & Wang, 2013). Sementara keamanan data berarti perlindungan informasi pribadi terhadap 'kehancuran disengaja atau melanggar hukum atau kerugian tidak disengaja, perubahan, pengungkapan yang tidak sah atau akses' (van der Haak et al., 2003). Karena pentingnya data pasien, maka harus dilindungi terhadap kegiatan-kegiatan berbahaya (Neubauer & Heurix, 2011).

Dalam rangka untuk menjamin keamanan dan privasi dari rekam medis elektronik serta menjamin interoperabilitas layanannya, organisasi kesehatan telah menyoroti pentingnya standar (Bouhaddou et al., 2012). Contoh pengembang standar tersebut dan penerbit antara lain:

Health Level System 7 (HL7), Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) dan Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act (HITECH) di Amerika Serikat; Canada Health Infoway di Kanada; ISO / TC 215 di Jepang serta CEN / TC251 di Eropa (Khan & Sakamura, 2012).

Fernandez-Aleman, Senior, Lozoya, dan Toval (2013) menyajikan template keamanan dan privasi berdasarkan ISO 27799, yang membahas keamanan informasi kesehatan untuk memastikan tingkat keamanan yang sesuai dengan tuntutan organisasi dalam rangka untuk menjaga kerahasiaan, integritas dan ketersediaan kesehatan pribadi informasi. Standar ISO 27799 ini telah dikategorikan sebagai berikut: kepatuhan; sistem informasi akuisisi, pengembangan dan pemeliharaan; kontrol akses; komunikasi dan manajemen operasi; Informasi kebijakan keamanan; mengorganisir keamanan informasi; manajemen aset; keamanan fisik dan lingkungan; pengelolaan insiden keamanan informasi dan sumber daya manusia keamanan. ISO 27799 berfokus lebih spesifik pada perspektif manajemen keamanan informasi untuk keamanan rekam medis elektronik dari perspektif teknis (Farn, Hwang, & Lin, 2007). Dalam penelitiannya, dipilih standar ISO / IEC 27002: 2013 (ISO 2013) dan ISO / IEC 29100: 2011 (ISO 2011), yang menurut mereka lebih fokus pada pedoman keamanan dan privasi terkait dengan perspektif teknis.

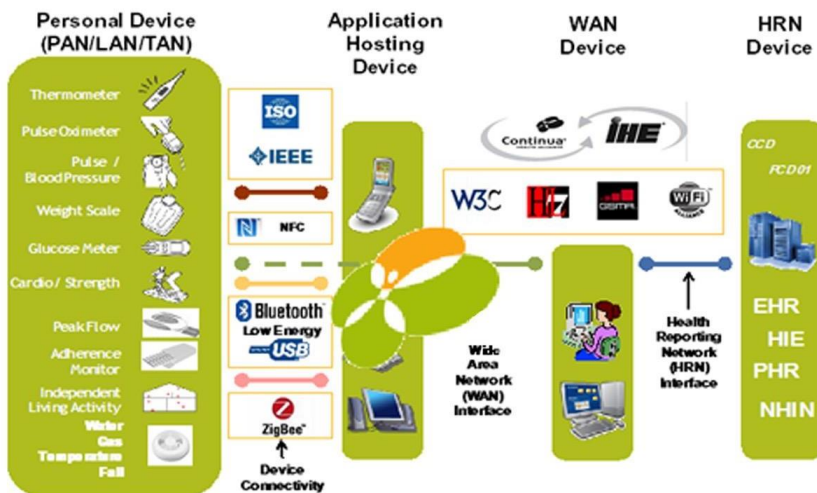
ISO / IEC 27002: 2013 memberikan pedoman untuk standar keamanan informasi dan praktek manajemen mempertimbangkan lingkungan resiko keamanan informasi organisasi dan ini mencakup teknologi informasi, teknik keamanan, dan sistem informasi manajemen keamanan. standar ISO ini berisi kontrol klausul 14 keamanan: kebijakan keamanan informasi; organisasi keamanan informasi; keamanan sumber daya manusia; manajemen aset; kontrol akses; kriptografi; keamanan fisik dan lingkungan; operasi keamanan; keamanan komunikasi; akuisisi sistem, pengembangan dan pemeliharaan; hubungan pemasok; pengelolaan insiden keamanan informasi; aspek keamanan informasi manajemen kelangsungan bisnis dan kepatuhan .

ISO / IEC 29100: 2011 menyediakan kerangka kerja untuk perlindungan 'informasi pribadi (PII)' dalam sistem teknologi informasi dan komunikasi, yang meliputi teknologi informasi, teknik keamanan, dan privasi. Standar ISO ini berisi 11 prinsip privasi: Persetujuan dan pilihan; Tujuan legitimasi

dan spesifikasi; Keterbatasan kolektif; minimalisasi data; menggunakan, retensi dan pengungkapan keterbatasan; akurasi dan kualitas; keterbukaan, transparansi dan pemberitahuan; Akses partisipasi dan individu; akuntabilitas; keamanan informasi dan kepatuhan privasi (ISO 2011).

Standar landscape untuk keamanan dalam *e-health*, M2M dan IoT juga sudah pernah dirilis. Standar ini mencakup IEEE untuk *wireless*, ZigBee Alliance, ITU-T untuk Lapisan Layanan M2M *e-Health*, *Continua Alliance* untuk profil *Use Case* dan praktik terbaik, NIST, serta inisiatif pemerintah yang beragam.

Gambar 9 menunjukkan Referensi Arsitektur yang digunakan untuk *Continua Alliance* yang difokuskan untuk membangun standar industri dan keamanan pada teknologi kesehatan yang terhubung seperti ponsel pintar, *gateway* dan perangkat pemantauan jarak jauh. Kegiatannya meliputi sertifikasi dan program dukungan merek, kegiatan dan kolaborasi untuk mendukung teknologi dan inovasi klinis, serta jangkauan ke pemerintah dan penyedia layanan.

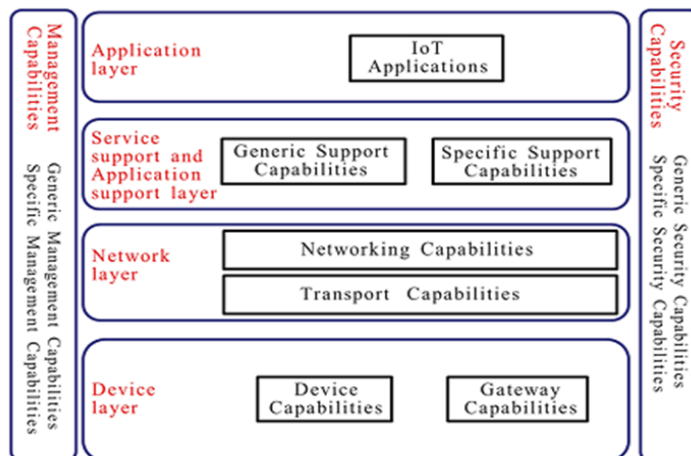


Gambar 9 The Continua End-to-End Reference Architecture (Wartena, Muskens, Schmitt, & Petković, 2010)

Framework IoT Kesehatan

IoT untuk sektor kesehatan di Indonesia saat ini sudah diterapkan oleh kementerian kesehatan, yaitu *telemedicine*. Layanan *telemedicine* ini sudah menjadi program lama sejak tahun 2012 dengan tujuan meningkatkan akses dan layanan kesehatan masyarakat khususnya daerah rural, dimana akses antara puskesmas atau Rumah Sakit kelas D jauh dari Rumah Sakit rujukan. Adapun manfaat *telemedicine* adalah sebagai berikut (BPPT, 2016):

- Mengatasi keterbatasan dokter/dokter spesialis
- Meningkatkan efisiensi (menghindari patient traveling)
- Menurunkan angka kasus rujukan (memperkuat sistem rujukan)
- Dapat mengatasi masalah waktu atau keterlambatan diagnostic
- Mengatasi keterbatasan sarana diagnostik di Faskes
- Sebagai wahana pendidikan kedokteran
- Mempermudah monitoring pasien dan *home care*



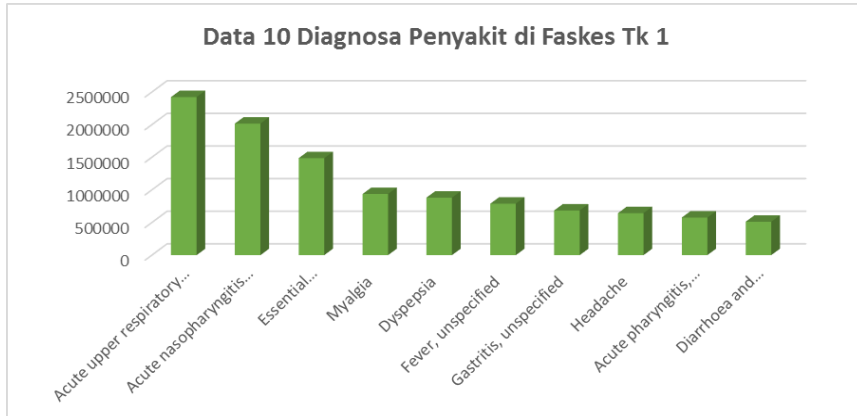
Gambar 10 Model Referensi IoT
(ITU-T, 2012)

Penerapan IoT untuk layanan kesehatan di Indonesia yang diusulkan dalam studi ini mengacu pada ITU, yang dapat ditunjukkan pada Gambar 10 (ITU-T, 2012).

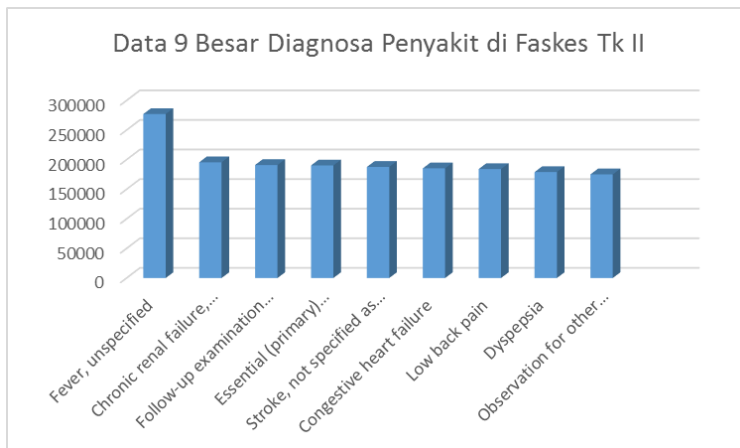
Adapun untuk sektor kesehatan komponen atau layer-layer dari IoT di Indonesia dalam kurun lima tahun adalah sebagai berikut:

Application Layer

Berdasarkan data BPJS periode Februari – April 2016, jumlah penyakit terbanyak yang didiagnosis di Faskes Tk. I yaitu penyakit *Accute upper respiratory infection* atau infeksi saluran pernafasan, kemudian disusul *Accute nasopharyngitis (common cold)* atau radang tenggorokan (flu, batuk, pilek), dan yang ketiga yaitu *Essential (primary) hypertension*. Gambar 11 menunjukkan 10 besar diagnosis penyakit di Faskes Tk. I.



Gambar 11 Sepuluh Besar Diagnosa Penyakit di Faskes Tk. I



Gambar 12 Sembilan Besar Diagnosa Penyakit di Faskes Tk. II

Data sembilan besar diagnosis penyakit di Faskes Tk. II dapat dilihat pada Gambar 12. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa diagnosis terbanyak yaitu demam, kemudian disusul *Chronic renal failure* atau penyakit gagal ginjal, *Follow-up examination after surgery for other condition* (perawatan lain selain yang sudah diberikan, atau

ditindaklanjuti dengan pemeriksaan yang lebih hati-hati), dan yang keempat adalah *Essential (primary) hypertension*. Penyakit yang terbesar selanjutnya yaitu *stroke* dan *congestive heart failure* atau penyakit jantung.

Penyakit yang menjadi perhatian khusus adalah **penyakit saluran pernafasan, hipertensi, gagal ginjal, stroke, dan penyakit jantung**. Peralatan IoT untuk sektor kesehatan sebaiknya yang berhubungan dengan penyakit tersebut.



Gambar 13 Peralatan *Telemedicine* Program Kementerian Kesehatan



Gambar 14 Wearable Blood Pressure Monitoring Devices

Kementerian Kesehatan telah membuat program telemedicine diperuntukkan daerah rural meliputi *tele-EKG*, *tele-radiologi*, *tele-USG (simple)* dan *tele-konsultasi*. Gambar 13 menunjukkan peralatan *telemedicine* yang menjadi program Kementerian Kesehatan. *Tele-EKG* berfungsi untuk membantu menangani pasien penyakit jantung, *tele-radiologi* berfungsi untuk membantu menangani pasien penyakit

saluran pernafasan. *Tele-USG* berfungsi untuk membantu penanganan ibu hamil. Sedangkan *tele-konsultasi* berfungsi memberikan layanan konsultasi antara dokter umum yang ada di Rumah Sakit Faskes Tk. I dengan dokter spesialis yang ada di Rumah Sakit Pengampu. Peralatan tersebut lebih sesuai diterapkan di daerah pedesaan dan perbatasan, dimana jarak antara Faskes Tk. I dan rumah sakit rujukan cukup jauh. Penyakit yang belum diakomodir untuk program *telemedicine* berdasarkan banyaknya diagnosis penyakit di Faskes Tk. I dan II yaitu penyakit hipertensi. Peralatan IoT yang memungkinkan untuk membantu mengatasi penyakit hipertensi yaitu *wearable blood pressure monitoring devices*. Prinsip kerja alat ini adalah mengukur tekanan darah secara digital yang kemudian datanya dikirimkan ke *smartphone*, PC, laptop, dan tablet. *Wearable blood pressure monitoring devices* sangat sesuai apabila diterapkan di daerah perkotaan. Masyarakat perkotaan rata-rata lebih sibuk dengan aktivitas, sehingga cenderung tidak memperhatikan kesehatan mereka. Selain itu gaya hidup dan pola makan yang tidak sehat masyarakat perkotaan memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap timbulnya penyakit hipertensi. *Wearable blood pressure monitoring devices* memberikan kemudahan bagi masyarakat perkotaan untuk mengetahui deteksi dini penyakit hipertensi. Gambar 14 adalah contoh *Wearable blood pressure monitoring devices*.

Penyakit gagal ginjal merupakan penyakit nomor 2 setelah penyakit demam pada Faskes Tk. II. Puskesmas harus mempunyai laboratorium untuk melakukan tes urine dan eGFR agar tidak banyak penyakit gagal ginjal yang dirujuk ke Faskes Tk. II. Apabila hasil pengecekan lab menunjukkan positif terindikasi penyakit ginjal dan penanganan cukup di Puskesmas, maka dokter umum hanya perlu melakukan konsultasi dengan dokter spesialis yang ada di Rumah Sakit Pengampu. Adapun tes untuk mengetahui penyakit ginjal meliputi (team dokter sehat, n.d.):

1. Tes Tekanan Darah

Tes tekanan darah diperlukan untuk mengetahui tinggi rendahnya tekanan darah Anda. Seperti diketahui, tekanan darah yang tinggi merupakan penyebab paling umum dari penyakit gagal ginjal. Jika Anda memiliki tekanan darah tinggi, sekitar 140/90 mmHg, maka bisa dipastikan Anda mengalami hipertensi. Oleh sebab itu, selalu mengontrol tekanan darah sangat penting untuk menurunkan resiko terkena penyakit gagal ginjal, jantung, serta stroke.

2. Tes Urine

Albumin Kreatini Ratio digunakan untuk mengukur jumlah kebocoran albumin ketika ginjal mengalami kerusakan. Pemeriksaan sampel urine ini juga bisa menjadi pemeriksaan visual untuk warna. Kita bisa mengetahui kondisi kesehatan ginjal kita berdasarkan warna urine yang kita keluarkan.

3. eGFR

estimate-Glomerular Filtration Rate diperkirakan dari hasil serum (atau darah) tes kreatinin. eGFR dapat memberitahu seberapa baik ginjal Anda bekerja untuk menghilangkan limbah (kotoran) dari darah Anda. eGFR merupakan cara terbaik untuk memeriksa fungsi ginjal Anda. Jika GFR Anda menunjukkan angka 60 mL/men/1.73 m² atau lebih, ini berarti ginjal Anda berfungsi dengan normal.

Service Support and Application Support Layer

Layer pendukung layanan dan aplikasi *tele-health* meliputi sistem operasi (*operating system*) dan aplikasi *software* yang digunakan.

1. Sistem Operasi (*Operating system*)

Sistem Operasi (*Operating system*) adalah komponen pengolah peranti lunak dasar tersistem sebagai pengelola sumber daya perangkat keras komputer (*hardware*) dan menyediakan layanan umum untuk aplikasi perangkat lunak. Sistem Operasi *tele-health* sebaiknya bisa digunakan pada *Personal Computer* maupun perangkat mobile seperti *smartphone* dan *tablet*. Sistem operasinya berbasis *open source* maupun *licensed*, yaitu *Microsoft Windows*, *Unix*, *Mac OS*, *IOS* dan *Android*.

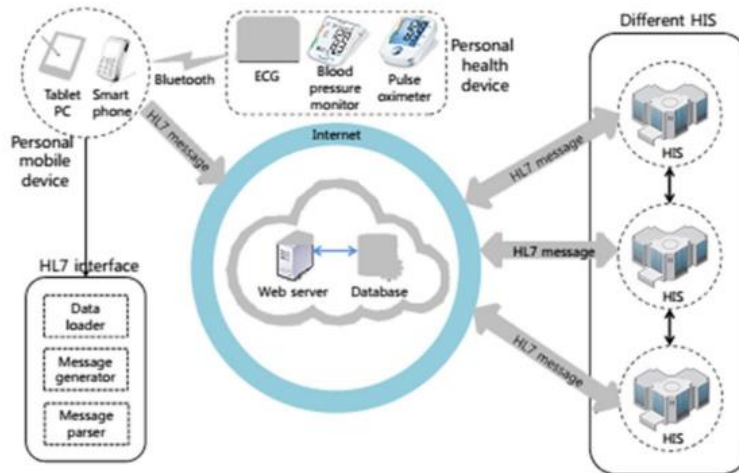
2. Aplikasi Perangkat Lunak

a. HL7

Prototipe sistem *tele-health* berdasarkan pada standard HL7 versi 3, sesuai dengan SNI ISO/HL7 21731:2014 yang berjudul *Informatika Kesehatan-HL7 versi 3 – Model informasi referensi – Rilis 1 (ISO/HL7 21731:2006, IDT)*. SNI tersebut mengatur pertukaran informasi antara sistem informasi kesehatan.

HL7 Internasional merupakan standar internasional *standard development organization (SDO)*, merupakan gabungan dari 31 negara. HL7 menghasilkan standard yang paling luas digunakan untuk interoperability pada bidang kesehatan. Kebanyakan pemasok dan pengembang. Nama HL7 berasal dari dari level ke-7 dari *Open System Interconnect (OSI)* model: layer aplikasi, yang menyediakan sebuah framework untuk komunikasi antara sistem komputer yang berbeda. Model OSI mempunyai 7 layer,

3 layer atas meliputi aplikasi (*internetworking*); empat layer bawah meliputi transmisi data (interkoneksi) (Benson, 2013).



Gambar 15 Contoh Arsitektur Sistem *Tele-Health* berbasis standard HL7 (Lee, K., Park, J., & Kang, 2014)

Gambar 15 menunjukkan contoh arsitektur berbasis standard HL7. Sistem tersebut mengintegrasikan peralatan mobile, menggunakan Bluetooth untuk memungkinkan akuisisi pasien, data psikologi, termasuk sinyal ECG dan temperatur. Perangkat *mobile* menampilkan data psikologi, mengkonversikannya ke format pesan HL7, dan mentransmisikan ke *web server* melalui jaringan *wireless*. HL7 dapat digunakan untuk interoperabilitas, karena merupakan standard pengiriman pesan yang kebanyakan digunakan untuk *e-health*, dan secara umum diterima sebagai pilihan terbaik untuk bertukar informasi klinis dalam lingkungan yang heterogen pada sistem informasi laboratorium dan sistem informasi rumah sakit. *Interoperability* adalah kemampuan peralatan menyediakan data yang dapat diakses oleh peralatan dan sistem lainnya, serta pengguna (Lee, K., Park, J., & Kang, 2014).

- b. *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM)
DICOM adalah standard internasional untuk gambar medis dan informasi terkait (ISO 12052:2006). DICOM mendefinisikan format untuk gambar medis yang dapat ditukar dengan data dan kualitas yang diperlukan untuk penggunaan klinis. DICOM sebagian besar digunakan untuk modalitas pencitraan termasuk

radiografi, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), kedokteran nuklir, *USG*, *tomografi*, *ekokardiografi*, X-ray, CT, MRI, ultrasound dan modalitas lainnya digunakan dalam radiologi, kardiologi, radioterapi, oftalmologi dan kedokteran gigi (Benson, 2013).

Tabel 2 Spesifikasi Peralatan *Tele-EKG*, *Tele-USG* dan *Tele-Radiologi* dan *Tele-Konsultasi* PT. Kun Telemedika

Peralatan	Format Data	Interoperability
<i>Tele-EKG</i>	PDF	HL7 versi ke-2, DICOM
<i>Tele-USG</i>	JPG, PNG (gambar)	HL7 versi ke-2, DICOM
	AVI, MPEG, MP4 (video)	HL7 versi ke-2, DICOM
<i>Tele-Radiologi</i>	PNG, JPG	HL7 versi ke-2, DICOM
<i>Tele-konsultasi</i>	avi, mpeg, mp4	

Tabel 3 Spesifikasi Peralatan *Tele-EKG*, *Tele-USG* dan *Tele-Radiologi* dan *Tele-Konsultasi* Referensi lain

Peralatan	Format Data	Interoperability
<i>Tele-EKG</i>	PDF resolusi 300 dpi (U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration, 2003)	HL7, DICOM
<i>Tele-USG</i>	AVI, MP4 (Binotto, 2012)	DICOM, HL7, IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) (Jui-Chien Hsieh, 2010)
<i>Tele-Radiologi</i>	GIF, JPEG, JPEG2000, MPEG-4, MJPEG (Motion JPEG), di Thailand: JPEG, INTERFILE, BITMAP, JPEG, JPEG2000 (Suapang, P., Dejhan, K., & Yimmun, 2010)	HL7, DICOM
<i>Tele-konsultasi</i>	<i>Video Graphics Array</i> (VGA) minimum resolusi: 640x480 (Australian Government Department of Health and Ageing, 2011)	

DICOM biasanya digunakan sebagai protokol *interface* dari peralatan ke komputernya. Tabel 2 menunjukkan format data, interoperabilitas *tele-EKG*, *tele-USG*, *tele-radiologi* dan *tele-konsultasi* yang digunakan oleh PT. Kun Telemedika. Interoperabilitas peralatan *tele-EKG*, *tele-USG* dan *tele-radiologi* menggunakan HL7 dan DICOM. HL7 digunakan sebagai protokol komunikasi antara perangkat. Sedangkan DICOM

digunakan sebagai standard gambar yang diterima oleh komputer dari peralatan *tele-health*.

Tabel 3 menunjukkan format data dan standard interoperabilitas dari beberapa referensi dan

Tabel 4 menunjukkan standard interoperabilitas yang digunakan oleh beberapa negara di Amerika Latin. Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui bahwa negara Brazil menggunakan DICOM dan HL7.

Tabel 4 Implementasi Standard di Beberapa Negara Amerika Latin

Standard e-health	Negara
CDA	Argentina
CIAP	Argentina
DICOM	Brazil, Mexico, Columbia, Argentina
DRG	Cili
HL7	Brazil
ICD-10, ICD-O	Mexico, Brazil
IHE	Uruguay
ISO 13606	Brazil
SNOMED	Argentina
UMLS	Brazil
NANDA, NIC, NOC	Brazil

Sumber: (PAN American Health Organization, 2016)

Gambar medis di US sudah diatur dalam "Guidance for Industry Providing Regulatory Submission in Electronic Format-General Considerations" tahun 2003. Format yang digunakan untuk dokumen elektronik mempunyai prasyarat (U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration, 2003):

- Memungkinkan pengguna untuk dapat melihat dan membaca informasi pada dokumen dengan jelas.
- Memungkinkan pengguna untuk dapat mencetak seluruh halaman pada dokumen sesuai dengan format yang terlihat, tidak ada perubahan format seperti huruf (*fonts*), orientasi, format tabel dan nomor halaman.
- Termasuk didalamnya daftar isi yang terstruktur dengan baik yang memudahkan penelusuran.
- Memperbolehkan pengguna untuk menyalin teks, gambar dan data secara elektronik ke format lain.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut maka bentuk dokumen yang diperkenankan adalah PDF (*portable document format*), dengan minimum versi 4.0 dengan *plugin* fungsi *search*. Font yang direkomendasikan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Font yang Direkomendasikan dalam Pengiriman Dokumen Elektronik

Font type	Font name
San Serif	AdobeSansMM (Adobe Sans Multiple Master)
	Arial BolitaMT (Arial Bold Italic (From Monotype))
	ArialBolMT (Arial Bold Monotype)
	ArialtaMT Arial Italic (Monotype)
	ArialMT Arial (Monotype)
Non proportional	Couri (Courier)
	CouriBol (Courier Bold)
	CourriBolObl (Courier Bold Oblique)
Serif	AdobeSerifMM (Adobe Serif Multiple Masters)
	TimesNewRomPSBolitaMT (Times New Roman Bold Italic)
	TimesNewRomPSBolMT (Times New Roman Bold)
	TimesNewRomPSItaMT (Times New Roman Italic)
	TimesNewRomPSMT (Times New Roman)
Other	TimesNewRoman
	Symbo (Symbol)
	ZapfDin (Zapf Dingbats)

Fonts berwarna hitam secara umum dan biru untuk tautan. Gambar sebaiknya dikonversi ke pdf dengan ketentuan resolusi 300 dpi agar tetap terbaca dan meminimalkan ukuran file. File PDF dengan gambar menggunakan teknik kompresi:

- Untuk kompresi *file* dengan gambar warna dan *grayscale* menggunakan Zip/Flate sesuai dengan Internet RFC 1950 and RFC 1951;
- Untuk kompresi *file* dengan gambar hitam putih menggunakan CCITT Group 4 *Faxcompression technique*. Sesuai dengan CCITT recommendations T.6 (1988) - *Facsimile coding schemes and coding control functions for Group 4 facsimile apparatus*.

Ketika mengirimkan gambar medis untuk CBER, seperti X-ray, CT, *ultra sound*, PET, dan SPECT, *file* tersebut sebaiknya tidak dikompresi.

Tabel 6 Ukuran Data Perangkat *Tele-Health*

Peralatan	Kompresi/Tidak	Ukuran Data
<i>Tele-EKG</i>	Tanpa kompresi	Minimal 60 kbps
<i>Tele-USG</i>	Tanpa kompresi	Untuk gambar minimal 1024 x 768 pixel, video minimal 480p (480x320)
<i>Tele-Radiologi</i>	Tanpa kompresi	-
<i>Tele-Konsultasi</i>	Tanpa kompresi	-

Tabel 7 Kompresi dan Ukuran data Perangkat *Tele-Health* dari Beberapa Referensi

Peralatan	Kompresi/Tidak	Ukuran Data
<i>Tele-EKG</i>	Tidak	65 kb for Di-Com (Jui-Chien Hsieh, 2010)
<i>Tele-USG</i>	Video: H.264. lebih direkomendasikan menggunakan MPEG-4, karena delay H.264 lebih tinggi (1 detik). Audio: AAC 128 kbps (Binotto, 2012)	720x480 (USG) 320x240 (komunikasi dokter spesialis dan petugas kesehatan) (Binotto, 2012)
<i>Tele-Radiologi</i>	JPEG, JPEG-LS, JPEG2000, MPEG (Suapang, P., Dejhan, K., & Yimmun, 2010)	1. Small matrix image (computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound, nuclear medicine, digital fluoroscopy, digital angiography) (American College of Radiology (ACR), 2003): a. Resolusi minimum : 512 x 512 b. Kedalaman piksel minimum: 8 bit 2. Large matrix image (digital radiography, digitized radiographic films) : a. Resolusi spasial minimum : 2.5 garis per milimeter (lp/mm) atau 2K x 2K b. Kedalaman piksel minimum : 10 bit
<i>Tele-Konsultasi</i>		Minimum resolution: (VGA) (640x480) Frame rate: 30 frames per second (FPS) (resolusi VGA) (Australian Government Department of Health and Ageing, 2011)

Sistem *real time tele-USG* tidak hanya digunakan untuk mentransfer video USG, tetapi juga untuk berinteraksi antara dokter spesialis dengan petugas kesehatan di tempat *tele-USG* berada, sehingga diperlukan juga komunikasi video untuk

mengarahkan petugas kesehatan terkait posisi *probe* USG. Disamping itu, diperlukan juga komunikasi audio. Menurut hasil studi yang dilakukan oleh Binotto terhadap sistem *tele-USG* yang ada di Macedonia Center, Restinga, Porto Alegre, Brazil, format video *tele-USG* yaitu AVI dan MP4. Kompresi video menggunakan H.264, lebih direkomendasikan menggunakan MPEG-4, karena *delay* H.265 lebih tinggi (1 detik).

Data *tele-health* PT Kun Telemedika tidak dilakukan kompresi untuk menghindari kerusakan data. Tabel 6 menunjukkan ukuran data *tele-EKG* dan *tele-USG* PT Kun Telemedika, sedangkan Tabel 7 menunjukkan ukuran data perangkat *tele-health* dari beberapa referensi.

Pemerintah Australia mengatur standard protokol *video conferencing* untuk *tele-konsultasi*. Perangkat atau *software* harus memenuhi standar minimum (Australian Government Department of Health and Ageing, 2011):

- H.323 *Videoconferencing* dan/atau
- SIP *Videoconferencing*

Network Layer

Lapisan jaringan terdiri dari jaringan sensing dan konektivitas (Zhang, Y., Mao, S., Yang, L. T., & Chen, 2016). Jaringan sensor adalah jaringan yang menghubungkan perangkat-perangkat sensor. Jaringan sensor untuk IoT dapat melalui frekuensi 433 MHz, Zigbee, RFID, *Bluetooth* maupun kabel.

Jaringan konektivitas adalah jaringan yang menghubungkan ke jaringan internet agar data yang dikirimkan dapat sampai di penerima. Jaringan konektivitas dapat melalui jaringan seluler maupun kabel.

1. Jaringan sensing

Jaringan sensing untuk aplikasi M2M di China ditunjukkan pada Tabel 8. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa jaringan sensing untuk aplikasi kesehatan menggunakan ZigBee. ZigBee adalah spesifikasi untuk jaringan protokol komunikasi tingkat tinggi, menggunakan radio digital berukuran kecil dengan daya rendah, dan berbasis pada standar IEEE 802.15.4-2003 untuk jaringan personal nirkabel tingkat rendah. Spesifikasi teknis Zigbee dapat ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 8 Teknologi Radio dan Pemetaan Aplikasi M2M di China

	Technical Summary	Radio Band	Applications	Manufacturers
433MHZ enabled proprietary solutions	Proprietary solutions by using one of the most commonly used ISM (industrial, Scientific, and medical) radio bands in China	433MHz	Home security (with China mobile), environment monitoring, etc	Homewell Beelinker
ZigBee	A well-defined protocol stack for WSN with features of self-deployment, low complexity, low data rate, and low cost, etc.	780MHz, 2.4GHz	Smart Energi, Home Automation, Building Automation. Health care, Remote Control, Retail Service, etc.	Vinnotech, smeshlink, Starvalley
RFID	A Fast developing radio technology used to transfer dataq from an electronic tak, which includes identification, information collection, etc.	125KHZ, 13.56MHz, 433MHz,	Logistic, E-car License, one pass card	Fudan microelec. Huahong, Vision electronics etc.
Bluetooth	Bluetooth low energi technology is a global standard, which enables devices	2.4GHz	Remote access, Indoor positioning (HAIP)	Nokia Reseach Beijing

Apabila dibandingkan dengan *Bluetooth* dan Wi-Fi, konsumsi daya lebih rendah dan perangkat lebih murah. Frekuensi operasi yang digunakan Zigbee pada 868 MHz, 915 MHz, dan 2.4 GHz. Penggunaan frekuensi 868 MHz dan 915 MHz untuk teknologi Zigbee belum diatur. Namun frekuensi 2.4 GHz untuk teknologi *bluetooth* sudah diatur pada Peraturan Menteri Koinfo No. 34 tahun 2012. Sedangkan penggunaan Wi-Fi pada

frekuensi 2.4 GHz diatur dalam [Keputusan Menteri Perhubungan No.2 Tahun 2005, Penggunaan Frekuensi 2400 - 2483.5 MHz.](#)

Tabel 9 Perbandingan Spesifikasi Teknis standard Zigbee, Bluetooth dan Wi-Fi

	802.15.4	bluetooth 802.15.1	Wi-Fi 802.11b
Application Focus	Many	Cable Replacement	Web, Video, Email
System Resource (Protocol Stack Size)	4KB - 32KB (64KB)	250KB+	1MB+
Cattery Life (days)	100-1000+	1-7	1-5
Nodes per Networks	255-65K+	7	30
Bandwith(kbps)	20-250	720	11,000+
Range (meters)	1-75+	1-10+	1-100
key market attributes	low data rate low power low cost	cost, convinienw high QoS Low and Guaranteed Latency	Speed, Flexibility

Koneksi jaringan sensing peralatan *telemedicine* seperti *tele-EKG*, *tele-USG*, dan *tele-Radiologi* (milik PT. Kun Telemedika) ke komputer saat ini menggunakan kabel agar koneksi lebih stabil, namun kedepannya akan menggunakan WLAN.

Tabel 10 Koneksi *Tele-Health* dan *Wearable Device* ke PC

Device	Koneksi Alat ke PC	
	PT Kun Telemedika	Lainnya
Tele-EKG	kabel	RS232 atau USB (Jui-Chien Hsieh, 2010)
Tele-USG	kabel	USB (Binotto, 2012)
Tele-Radiologi	kabel	a. Modem dan koneksi DSL (<i>Digital Subscriber Line</i>) b. RJ45, USB (Oosterwijk, 2004)
Tele-konsultasi	-	-
Wearable blood pressure	-	Bluetooth V3.0 + EDR Class 2 SPP (iHealth Feel); Bluetooth V3.0 + EDR Class 2 SPP (iHealth View); Bluetooth V3.0 + EDR Class 2 SPP (iHealth Sense); Bluetooth Low Energy (iHealth Ease);

monitoring device	Bluetooth 802.11 b/g/n (Blipcare); Bluetooth 4.0 (Qardioarm); Bluetooth 2,4GHz (H2); Sumber: www.wearable-technologies.com/2014/01/the-new-wave-of-wristbands
-------------------	--

Koneksi tele-EKG, tele-USG, tele-Radiologi, tele-Konsultasi dan wearable blood monitoring devices ditunjukkan pada Tabel 10. Menurut [Jui-Chie Hsieh](#) dan [Hsiu-Chiung Lo](#), dalam papernya yang berjudul "The Clinical Application of a PACS-Dependent 12-Lead ECG and Image Information System in E-Medicine and Telemedicine" tahun 2010 menyebutkan bahwa koneksi antara perangkat tele-EKG ke PC menggunakan kabel RS232 atau USB. Sementara untuk perangkat tele-USG menurut hasil penelitian Binotto yang dilakukan di Macedonia Center, Restinga, Porto Alegre, Brazil tahun 2012, berjudul "A Real-time Collaborative Tele-ultrasonography System Applied to Underserved Communities", koneksi antara perangkat ke komputer menggunakan USB. Koneksi perangkat tele-radiologi ke PC dalam buku berjudul "PACS Fundamental" menggunakan modem dan koneksi DSL Digital Subscriber Line, RJ45, USB (Oosterwijk, 2004). Koneksi sensor wearable blood pressure monitoring device kebanyakan menggunakan Bluetooth (www.wearable-technologies.com/2014/01/the-new-wave-of-wristbands).

2. Jaringan konektivitas

Jaringan yang terhubung ke internet layanan tele-health menggunakan seluler, satelit, maupun kabel. Teknologi jaringan seluler yang diperlukan untuk layanan tele-health tergantung pada keperluan data rate untuk pengiriman data/file yang dikirimkan. Tabel 11 menunjukkan ukuran data dan minimal data rate perangkat tele-health yang dimiliki oleh PT. Kun Telemedika. Minimal data rate yang digunakan untuk perangkat tele-EKG, tele-USG dan tele-konsultasi sebesar 384 kbps. Sedangkan minimal data rate pengiriman data tele-radiologi sebesar 512 kbps.

Tabel 11 Ukuran dan Data Rate Perangkat Tele-Health PT. Kun Telemedika

Perangkat	Ukuran data	Minimal data rate
Tele-EKG	Minimal 60 kb	384 kbps
Tele-USG	Minimal 1024 x 768 pixel (gambar) Minimal 480p (480 x 320) (video)	384 kbps

	minimal 1 MB	
Tele-radiologi	5 MB	512 kbps
Tele-konsultasi		384 kbps

Tabel 12 Ukuran dan Data Rate Perangkat *Tele-Health* dari Beberapa Referensi

Perangkat	Ukuran Data	Minimal Data Rate
Tele-EKG	15 KB ~ 30 KB untuk SCP-ECG with compressed ECG waveforms 250 KB for Di-Com 500 KB for XML-ECG	Jaringan 3G, dengan kecepatan antara 1.5-3.6 Mbps
Tele-USG	720x480p 320x240p (komunikasi dokter spesialis dan petugas kesehatan)	1 Mbps
Tele-radiologi	1. <i>Small matrix image (computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound, nuclear medicine, digital fluoroscopy, digital angiography)</i> : a. Resolusi minimum : 512 x 512 b. Kedalaman piksel minimum : 8 bit 2. <i>Large matrix image (digital radiography, digitized radiographic films)</i> : a. Resolusi spasial minimum : 2.5 garis per milimeter (lp/mm) atau 2K x 2K b. Kedalaman piksel minimum : 10 bit	- 384 Kbps
Tele-konsultasi	-	- 384 kbps (untuk manajemen klinis <i>diagnostic</i> atau kompleks) - 256 kbps (untuk manajemen klinis non diagnostik atau non kompleks) - <i>Video conferencing High Definition</i> membutuhkan setidaknya 1.5 Mbps

Berdasarkan hasil penelitian Jui-Chie Hsieh dan Hsiu-Chiung Lo, dalam papernya yang berjudul "*The Clinical Application of a PACS-Dependent 12-Lead ECG and Image Information System in E-Medicine and Telemedicine*" tahun 2010 menyebutkan bahwa minimal jaringan yang digunakan untuk mengirimkan gambar EKG 12 lead dan gambar hasil radiologi serta *tele-konsultasi* yaitu jaringan teknologi 3G/3.5G, dengan kecepatan transmisi 1.5 – 3.5 Mbps.

Menurut hasil penelitian Binotto dengan judul "*Real-time Collaborative Tele-ultrasonography System Applied to Underserved Communities*" yang dilakukan terhadap sistem *tele-USG* yang ada di Macedonia Center, resting, Porto Alegre, Brazil, minimal *data rate* yang digunakan untuk sistem tersebut yaitu 1 Mbps agar gambar, video dan audio yang dikirimkan dapat diterima dengan baik.

Berdasarkan peraturan *Department of Health and Age*, Australia, minimal kecepatan data manajemen klinik *diagnostic* atau kompleks sebesar 384 kbps, dengan resolusi horizontal sebesar 460 lines (PAL). *Round-trip latency* konsultasi video untuk menghindari kinerja yang buruk harus lebih rendah dari 300 ms. Hal ini tergantung pada koneksi internet dan harus mempertimbangkan kecepatan *upload* dan *download*, dengan koneksi simetris yaitu ADSL 2 atau kabel. *Packet loss* konsultasi video untuk menghindari kinerja yang buruk harus kurang dari 0.1%, untuk konsultasi klinis dalam menghindari kejelasan yang jelek audio harus dikodekan 16 kbit/s (Australian Government Department of Health and Ageing, 2011). Minimum *call speed* untuk manajemen klinis *non diagnostic* atau *non* kompleks sebesar 256 kbps. Resolusi minimal untuk *Video Graphic Array* (VGA) sebesar 640x480p, dengan *frame rate* sebesar 30 fps. Dasar penting yang harus diikuti:

- Koneksi internet yang tinggi memberikan kualitas *video conference* yang lebih baik. Idealnya mencari koneksi simetris (dimana kecepatan *upload* dan *download* adalah sama). Ini akan membutuhkan sebagai ADSL2 minimum atau setara dalam internet kabel. *Dial-up* atau ADLS umumnya cukup.
- *Wireless* 3G dapat menjadi solusi tetapi konektivitas nirkabel adalah tidak tetap. Gunakan hanya sebagai solusi alternatif terakhir. Biasanya 3G tidak dapat mempertahankan 384k kecepatan panggilan *video conference* dan mungkin tidak cocok untuk penentuan klinis
- *Videoconferencing High Definition* membutuhkan setidaknya koneksi 1.5meg - jika ini tidak tersedia atau terlalu mahal definisi *Standard Definition* lebih dari cukup untuk diagnosis klinis

Minimal *data rate* yang dibutuhkan untuk mengirimkan *file teleradiologi* sebesar 384 kbps, sehingga minimal jaringan yang dibutuhkan adalah 3G. Berdasarkan data FGD, Kementerian Kesehatan menyatakan bahwa persyaratan minimal *data rate* untuk layanan *tele-health* adalah

sebesar 500 kbps. Sehingga teknologi seluler yang diperlukan untuk layanan tersebut adalah teknologi 3G.

Device Layer

Komunikasi WBAN (*Wireless Body Area Network*) sesuai dengan IEEE 802.16-2012. IEEE 802.15.6-2012 merupakan standard untuk jarak dekat (*short-range*), komunikasi nirkabel di sekitar, atau di dalam tubuh manusia (tapi tidak terbatas pada manusia) yang ditentukan dalam standar ini. WBAN menggunakan frekuensi ISM band yang disetujui oleh peraturan nasional. Perlu adanya peraturan untuk mendukung untuk kualitas layanan (QoS), daya sangat rendah, dan kecepatan data hingga 10 Mbps sekaligus pedoman non-interferensi yang ketat. Standar peraturan digunakan untuk membuat pola radiasi untuk meminimalisasi *specific absorption rate* (SAR) pada tubuh, dan mengubah karakteristik dikarenakan pergerakan pengguna.

Frekuensi yang digunakan untuk WBAN dapat dilihat pada Tabel 13. Frekuensi yang digunakan dari *Narrowband* sampai *Ultra Wideband* dan *Human Body Communication* (HBC). Apabila dilihat dari Peraturan Menteri No.34 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi Jarak Dekat (*Short Range Device*), alokasi frekuensi untuk WBAN belum diatur. Frekuensi 2400 – 24835 MHz sesuai dengan peraturan tersebut digunakan untuk *Bluetooth*. Sedangkan band 923 – 925 MHz digunakan untuk *Radio Telemetry, telecommand* dan RFID. Alokasi ISM band berdasarkan peraturan tersebut pada 6765 kHz – 6795 kHz dan 13.553 MHz – 13.567 MHz.

Daya pancar WBAN beroperasi di daya rendah (LP/LDC), sesuai dengan ETSI EN 301 839-1 *subclause* 8.3, pada frekuensi 403.65 MHz, maksimal sebesar -40 dBm. Ketika beroperasi pada *mode non-LP/LDC* di band 402 MHz -405 MHz, daya pancar paling besar -16 dBm. Ketika beroperasi pada semua band, pemancar harus mampu mentransmisikan setidaknya -10 dBm EIRP (IEEE Computer Society, 2012).

Tabel 13 Alokasi Spektrum Frekuensi WBAN dan *Data Rate* yang Digunakan

PHY	Frequency band (MHz), center frequency (MHz), or modulation	Data rate 0 (kb/s)	Data rate 1 (kb/s)	Data rate 2 (kb/s)	Data rate 3 (kb/s)	Data rate 4 (kb/s)	Data rate 5 (kb/s)	Data rate 6 (kb/s)	Data rate 7 (kb/s)
Narrow band (NB)	402 to 405	75.9	151.8	303.6	455.4	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
	420 to 450	75.9	151.8	187.5	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
	863 to 870	101.2	202.4	404.8	607.1	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
	902 to 928	101.2	202.4	404.8	607.1	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
	950 to 958	101.2	242.9	404.8	607.1	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
	2360 to 2400	121.4	242.9	485.7	971.4	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
	2400 to 2483.5	121.4	242.9	485.7	971.4	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
Ultra wideband (UWB)	Non-coherent	394.8	789.7	1575	3159	6318	12636	Rsvd	Rsvd
	Differentially coherent	487	975	1950	3900	7800	15600	557	1114
	FM	202.5	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd
Human body communications (HBC)	21	164	328	656	1312.5	Rsvd	Rsvd	Rsvd	Rsvd

Standard device untuk wearable blood pressure monitoring devices berdasarkan pada IEEE 11073 Personal Health Device standard. Protokol yang digunakan mengacu pada IEEE 11073 – 20601. Adapun standard device untuk masing-masing spesialisasi adalah sebagai berikut:

- IEEE Std 11073-10404 - Device specialization - Pulse Oximeter
- IEEE Std 11073-10407 - Device specialization - Blood Pressure Monitor
- IEEE Std 11073-10408 - Device specialization – Thermometer
- IEEE Std 11073-10415 - Device specialization - Weighing Scale
- IEEE Std 11073-10417 - Device specialization - Glucose Meter
- IEEE Std 11073-10420 - Device specialization - Body composition analyzer
- IEEE Std 11073-10421 - Device specialization - Peak flow
- IEEE Std 11073-10441 - Device specialization - Cardiovascular fitness and activity monitor
- IEEE Std 11073-10442 - Device specialization - Strength fitness equipment

- IEEE Std 11073-10471 - *Device specialization - Independent living activity hub*
- IEEE Std 11073-10472 - *Device specialization - Medication monitor*

Privasi dan Keamanan

Penggunaan teknologi IoT, dalam pelayanan kesehatan, diharapkan membawa kenyamanan bagi pasien dan dokter karena berbagai aplikasi seperti pemantauan real-time, sistem manajemen informasi pasien, dan sistem manajemen kesehatan (He & Zeadally, 2015). Peralatan medis dalam teknologi *e-health*, seperti perangkat yang dipakai (*wearable device*) dapat dihubungkan ke teknologi IoT untuk pemantauan jarak jauh, pemantauan real time dan konsultasi medis secara *online*.

Privasi berarti bahwa pasien memiliki hak untuk menanggapi pengungkapan informasi pribadi mereka (Lee et al., 2013). Sementara keamanan data berarti perlindungan informasi pribadi terhadap 'kehancuran disengaja atau melanggar hukum atau kerugian tidak disengaja, perubahan, pengungkapan yang tidak sah atau akses' (van der Haak et al., 2003). Karena pentingnya data pasien, maka harus dilindungi terhadap kegiatan-kegiatan berbahaya (Neubauer & Heurix, 2011).

Dalam rangka untuk menjamin keamanan dan privasi dari rekam medis elektronik serta menjamin interoperabilitas layanannya, organisasi kesehatan telah menyoroti pentingnya standar (Bouhaddou et al., 2012). Contoh pengembang standar tersebut dan penerbit antara lain: *Health Level System 7 (HL7)*, *Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA)* dan *Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act (HITECH)* di Amerika Serikat; *Canada Health Infoway* di Kanada; *ISO / TC 215* di Jepang serta *CEN / TC251* di Eropa (Khan & Sakamura, 2012).

Fernández-Alemán menyajikan *template* keamanan dan privasi berdasarkan *ISO 27799*, yang membahas keamanan informasi kesehatan untuk memastikan tingkat keamanan yang sesuai dengan tuntutan organisasi dalam rangka untuk menjaga kerahasiaan, integritas dan ketersediaan kesehatan pribadi informasi (Fernandez-Aleman et al., 2013). Standar *ISO 27799* ini telah dikategorikan sebagai berikut:

- kepatuhan;
- sistem informasi akuisisi, pengembangan dan pemeliharaan;

- kontrol akses;
- komunikasi dan manajemen operasi;
- Informasi kebijakan keamanan; mengorganisir keamanan informasi; manajemen aset; keamanan fisik dan lingkungan;
- pengelolaan insiden keamanan informasi dan
- sumber daya manusia keamanan.

ISO 27799 berfokus lebih spesifik pada perspektif manajemen keamanan informasi untuk keamanan rekam medis elektronik dari perspektif teknis (Farn et al., 2007) . Dalam studi ini, kami memilih ISO / IEC 27002: 2013 (ISO 2013) dan ISO / IEC 29100: 2011 (ISO 2011) standar, yang lebih fokus pada pedoman keamanan dan privasi kaitannya dengan perspektif teknis.

ISO / IEC 27002: 2013 memberikan pedoman untuk standar keamanan informasi dan praktek manajemen mempertimbangkan lingkungan resiko keamanan informasi organisasi dan ini mencakup teknologi informasi, teknik keamanan, dan sistem informasi manajemen keamanan. standar ISO ini berisi kontrol klausul 14 keamanan: kebijakan keamanan informasi; organisasi keamanan informasi; keamanan sumber daya manusia; manajemen aset; kontrol akses; kriptografi; keamanan fisik dan lingkungan; operasi keamanan; keamanan komunikasi; akuisisi sistem, pengembangan dan pemeliharaan; hubungan pemasok; pengelolaan insiden keamanan informasi; aspek keamanan informasi manajemen kelangsungan bisnis dan kepatuhan .

ISO / IEC 29100: 2011 menyediakan kerangka kerja untuk perlindungan 'informasi pribadi (PII)' dalam teknologi informasi dan komunikasi (ICT) sistem, yang meliputi teknologi informasi, teknik keamanan, dan privasi. Standar ISO ini berisi 11 prinsip privasi: persetujuan dan pilihan; Tujuan legitimasi dan spesifikasi; Keterbatasan tion kolektif; minimalisasi data; menggunakan, retensi dan pengungkapan keterbatasan; akurasi dan kualitas; keterbukaan, transparansi dan pemberitahuan; Akses partisipasi dan individu; akuntabilitas; keamanan informasi dan kepatuhan privasi (ISO 2011).

Standar landscape untuk keamanan dalam e-Health, M2M dan IoT baru saja dirilis. Standar ini mencakup IEEE untuk *wireless*, ZigBee Alliance, ITU-T untuk Lapisan Layanan M2M e-Health, *Continua Alliance* untuk profil

Use Case dan praktik terbaik, NIST, serta inisiatif pemerintah yang beragam.

Management Capabilities

Management Capabilities (kemampuan manajemen) terdiri dari kemampuan memenuhi persyaratan interoperabilitas, skalabilitas, reliabilitas, availabilitas dan manajemen IoT (ITU, 2015):

- a. Kemampuan memenuhi persyaratan interoperabilitas IoT
Kemampuan memenuhi persyaratan interoperabilitas IoT secara spesifik *tertuang* dalam ITU-T 2066. Interoperabilitas terdiri dari empat bagian yaitu (Fallis, 2013): Teknologi, Data, Manusia dan Institusi.
- b. Kemampuan memenuhi persyaratan skalabilitas IoT
Skalabilitas merupakan kemampuan sistem, jaringan atau proses untuk menangani pertumbuhan jumlah pekerjaan, atau potensinya untuk dapat diperbesar agar dapat mengakomodasi pertumbuhan. Misalnya, kemampuan sistem untuk meningkatkan total *output* saat beban meningkat ketika sumber daya (biasanya *hardware*) ditambahkan. Skalabilitas merupakan isu utama dalam IoT. *Dalam* (Bondi, 2000) terdapat empat tipe skalabilitas : *load scalability*, *space scalability*, *space-time scalability* dan *structural scalability*.
- c. Kemampuan memenuhi persyaratan reliabilitas IoT
Menurut (Kempf, Arkko, Beheshti, & Yedavalli, 2011) suatu sistem disebut handal atau reliabel apabila memiliki kemampuan untuk *self-configuration* dan bertahan dengan perubahan kondisi lingkungan; dapat digunakan dalam jangka panjang; tahan dengan masalah keamanan; serta kemampuan aplikasi untuk dapat memproses berbagai jenis informasi yang tidak pasti.
- d. Kemampuan memenuhi persyaratan availabilitas IoT
Availabilitas merupakan kemampuan dari perangkat IoT untuk selalu *tersedia* dan dapat diakses serta toleran terhadap kesalahan baik terencana maupun tidak untuk periode tertentu sehingga sistem tetap dapat beroperasi.

- e. Kemampuan memenuhi persyaratan pengelolaan IoT
Manageability merupakan kemampuan dari IoT untuk dapat ditemukan, dikonfigurasi, dimodifikasi, digunakan, dikuasai dan diawasi.

Security Capabilities

Kemampuan keamanan dalam teknologi IoT, terutama dalam perangkat IoT kesehatan, harus memenuhi persyaratan kebutuhan berikut :

- a. *Confidentiality* (Kerahasiaan)
Kerahasiaan memastikan tidak dapat diaksesnya informasi medis untuk pengguna yang tidak sah.
- b. *Integrity* (Integritas)
Integritas memastikan bahwa data medis yang diterima tidak diubah dalam transit. Selain itu, integritas data dan konten yang tersimpan tidak boleh dikompromikan.
- c. *Authentication* (Otentikasi)
Otentikasi memungkinkan perangkat IoT kesehatan dalam memastikan identitas peer yang berkomunikasi.
- d. *Availability* (Ketersediaan)
Ketersediaan memastikan keberlangsungan layanan IoT kesehatan (baik lokal maupun global atau layanan cloud) untuk pihak yang terdaftar ketika dibutuhkan meskipun dalam kondisi serangan DoS (*denial-of-service*).
- e. *Data freshness* (Kebaruhan data)
Kebaruhan data meliputi data dan kunci, dan memastikan bahwa setiap set data merupakan data terbaru dan tidak ada pengulangan pesan lama.
- f. *Non-Repudiation* (Nirpenyangkalan)
Nirpenyangkalan mengindikasikan bahwa node tidak bisa menyangkal pesan yang terkirim sebelumnya.
- g. *Authorization* (Otorisasi)
Otorisasi memastikan bahwa hanya node yang terotorisasi yang bisa mengakses layanan atau sumber jaringan.

- h. *Resiliency* (Ketahanan)
Jika beberapa perangkat kesehatan yang terkoneksi mengalami gangguan, maka skema keamanan harus melindungi jaringan/perangkat/informasi dari segala serangan.
- i. *Fault Tolerance* (Toleransi Kesalahan)
Suatu skema keamanan harus terus memberikan layanan keamanan meskipun terdapat kesalahan (kesalahan perangkat lunak, kegagalan perangkat, kompromi perangkat)
- j. *Self-Healing* (Pemulihan diri)
Suatu perangkat medis di jaringan IoT kesehatan mungkin saja gagal atau kehabisan energi. Maka dari itu, perangkat harus memiliki tingkat minimum keamanan pada kondisi tersebut.

Dari persyaratan kebutuhan tersebut, maka dapat dikatakan bahwa perangkat IoT Kesehatan memiliki tantangan keamanan yang harus bisa ditemukan solusinya, diantaranya :

- a. Keterbatasan Komputasional
Pada perangkat IoT kesehatan tertanam prosesor kecepatan rendah, CPU di perangkat tersebut tidak cukup handal dalam kecepatan. Selain itu, perangkat tersebut juga tidak dirancang untuk melakukan operasi yang canggih. Artinya, perangkat tersebut hanya bertindak sebagai sensor atau aktuator. Maka dari itu, perlu dicari solusi keamanan yang meminimalkan konsumsi sumber daya namun memaksimalkan kinerja keamanan.
- b. Keterbatasan Memori
Kebanyakan perangkat IoT kesehatan memiliki memori yang rendah. Perangkat tersebut diaktifkan menggunakan sistem operasi tertanam (*embedded*), sistem perangkat lunak dan aplikasi biner. Oleh karena itu, memori tidak cukup untuk menjalankan protokol keamanan yang rumit.
- c. Keterbatasan Energi
Suatu jaringan IoT kesehatan biasanya meliputi perangkat kesehatan kecil dengan daya baterai terbatas (misalnya sensor suhu tubuh dan tekanan darah). Perangkat tersebut menghemat energi dengan beralih dari modus hemat daya ketika tidak ada pembacaan sensor yang perlu dilaporkan. Selain itu, perangkat

tersebut beroperasi pada kecepatan CPU rendah jika tidak ada aktivitas penting yang diproses. Oleh karena itu, kendala energi pada solusi keamanan perangkat kesehatan IoT menjadi hal yang menantang.

d. Mobilitas

Secara umum, perangkat kesehatan tidak bersifat statis. Perangkat tersebut terhubung ke internet melalui penyedia layanan IoT. Sebagai contoh, suatu sensor suhu tubuh yang dipakai (*wearable*) atau pemantau jantung dapat terhubung ke internet dapat memberitahu perawat yang bersangkutan atas kondisi pengguna. Produk yang dapat dipakai yang terhubung ke jaringan rumah ketika pengguna berada di rumah, dan terhubung ke jaringan kantor ketika berada di kantor. Jaringan yang berbeda memiliki konfigurasi keamanan dan pengaturan yang berbeda pula. Maka dari itu, pengembangan algoritma keamanan yang selaras dengan kebutuhan mobilitas merupakan tantangan yang serius.

e. Skalabilitas

Jumlah perangkat IoT telah meningkat secara bertahap, dan akan lebih banyak perangkat yang terhubung ke jaringan informasi global. Oleh karena itu, perancangan skema keamanan yang sangat scalable tanpa mengorbankan persyaratan keamanan akan menjadi tugas yang menantang.

f. Media Komunikasi

Secara umum, perangkat kesehatan yang terhubung ke jaringan lokal maupun global melalui berbagai link nirkabel seperti Zigbee, Z-Wave, *Bluetooth*, *Bluetooth* Energi Rendah, Wi-Fi, GSM, WiMax dan 3G/4G. Karakteristik saluran nirkabel dari jaringan ini membuat skema keamanan jaringan kabel kurang tepat diterapkan. Maka dari itu, protokol keamanan yang bisa mengatasi karakteristik kabel dan nirkabel secara komprehensif masih cukup menantang.

g. Multiplisitas Perangkat

Perangkat kesehatan dalam jaringan IoT kesehatan yang beragam, mulai dari PC untuk tag RFID *low-end*. Perangkat tersebut bervariasi sesuai dengan kemampuan dalam hal perhitungan, kehandalan, memori, dan peranti lunak tertanam. Tantangan terletak dalam

merancang skema keamanan yang dapat menampung bahkan ke perangkat yang paling sederhana.

h. Topologi Jaringan Dinamis

Suatu perangkat kesehatan dapat bergabung dengan jaringan kesehatan IoT di mana saja dan kapan saja. Selain itu, dapat meninggalkan jaringan dengan pemberitahuan secara baik-baik maupun tiba-tiba. Karakteristik perangkat kesehatan yang temporal dan spasial akan membuat topologi jaringan menjadi dinamis. Maka dari itu, merancang model keamanan dari topologi jaringan dinamis menjadi tantangan yang sulit.

i. Jaringan Multi Protokol

Suatu perangkat kesehatan dapat berkomunikasi dengan perangkat lain dalam jaringan lokal melalui protokol jaringan *proprietary*. Selain itu, perangkat IoT yang sama dapat berkomunikasi dengan penyedia layanan IoT melalui jaringan IP. Maka dari itu, tantangan muncul saat merancang solusi keamanan untuk komunikasi multi protokol.

j. Pembaharuan Keamanan Dinamis

Untuk mengurangi potensi kerentanan, ada kebutuhan untuk menjaga protokol keamanan *up-to-date*. Oleh karena itu, patch keamanan yang diperbaharui sangat dibutuhkan untuk perangkat kesehatan IoT. Namun, perancangan mekanisme untuk instalasi *patch* keamanan dinamis masih menjadi tugas yang menantang.

k. *Tamper-Resistant Package*

Keamanan fisik merupakan bagian yang penting dari perangkat IoT kesehatan. Seorang *hacker* dapat mengutak-atik perangkat dan kemudian mengekstrak kriptografi rahasia, memodifikasi program atau menggantinya dengan *node* berbahaya. Kemasan yang handal merupakan cara untuk mempertahankan diri terhadap serangan tersebut, tetapi merupakan praktek yang sulit untuk dilaksanakan.

Taksonomi Serangan

Paradigma IoT terus berkembang dan banyak perangkat dan layanan IoT kesehatan diharapkan. Oleh karena itu, penyerang dapat merancang berbagai jenis ancaman keamanan untuk berkompromi

dengan perangkat IoT medis yang ada maupun yang akan datang. Beberapa ancaman yang nyata, ada yang dapat diprediksi dan ada juga yang sulit diprediksi. Berikut adalah klasifikasi ancaman yang potensial berdasarkan informasi, *host* dan jaringan.

Klasifikasi Ancaman pada Perangkat IoT Kesehatan



Gambar 16 Klasifikasi Ancaman pada Perangkat IoT Kesehatan

- a. Serangan berdasarkan Disrupsi Informasi
 - 1) Interupsi: Serangan DoS yang diluncurkan oleh pihak tidak bertanggung jawab akan mengakibatkan komunikasi akan hilang atau tidak tersedia. Bentuk serangan ini akan mengancam ketersediaan layanan atau jaringan, fungsionalitas jaringan dan peran perangkat kesehatan.
 - 2) Intersepsi: Pihak ilegal mencuri informasi medis yang mengancam privasi data dan kerahasiaan.
 - 3) Modifikasi : Pihak ilegal mendapatkan akses tidak sah ke data kesehatan dan menyesatkan entitas yang berhak dalam jaringan kesehatan IoT.
 - 4) Fabrikasi: Pihak ilegal menempa pesan dengan menyisipkan informasi palsu untuk mengancam pesan keaslian dan membingungkan pihak yang berhak.
 - 5) Replay: Suatu reply dari pihak ilegal mengancam kebaruan pesan. Hal ini dapat mengakibatkan kesesatan pada entitas yang berhak.
- b. Serangan berdasarkan Properti *Host*
 - 1) Kompromi Pengguna : Pihak ilegal menipu atau mencuri informasi sensitif seperti kata kunci, kunci kriptografi dan data kesehatan pengguna dari perangkat kesehatan pengguna dan jaringan.

- 2) Kompromi Perangkat Keras : Pihak ilegal dapat mengekstrak kode program, kunci dan data pada perangkat.
 - 3) Kompromi Perangkat Lunak : Penyerang dapat mengambil keuntungan dari kerentanan perangkat lunak (sistem operasi, perangkat lunak sistem, aplikasi) dan menyebabkan kerusakan atau malfungsi perangkat kesehatan IoT .
- c. Serangan berdasarkan Properti Jaringan
- 1) Kompromi Standar Protokol : Penyerang dapat menyimpang dari protokol standar (aplikasi dan jaringan protokol) serta bertindak ilegal untuk mengancam ketersediaan layanan, privasi, integritas dan keaslian pesan.
 - 2) Serangan *Stack* Protokol Jaringan

Persepsi terhadap Keamanan IoT dari Aspek Regulasi di Indonesia

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Komunikasi dan Informatika telah menerbitkan beberapa regulasi terkait pengelolaan keamanan informasi secara umum, antara lain :

- PM Kominfo No. 04 Tahun 2016 tentang Sistem Manajemen Pengamanan Informasi.
- PM Kominfo No. 20 Tahun 2016 tentang Perlindungan Data Pribadi dalam Sistem Elektronik.

Dalam PM Kominfo No. 04 Tahun 2016, didefinisikan bahwa SMPI merupakan pengaturan kewajiban bagi Penyelenggara Sistem Elektronik dalam penerapan manajemen pengamanan informasi berdasarkan asas Risiko. Aspek keamanan informasi yang diatur dalam Permen ini adalah kerahasiaan, keutuhan dan ketersediaan.

Dalam PM Kominfo No. 20 Tahun 2016, disebutkan dalam Pasal 11 bahwa Sistem Elektronik yang digunakan untuk menampung perolehan dan pengumpulan Data Pribadi harus memiliki kemampuan interoperabilitas dan komabilitas. Kemampuan interoperabilitas yang dimaksud dalam Permen ini adalah kemampuan Sistem Elektronik yang berbeda untuk dapat bekerja secara terpadu, sementara kemampuan komabilitas yang dimaksud adalah kesesuaian Sistem Elektronik yang satu dengan Sistem Elektronik yang lainnya.

Terkait perlindungan data pribadi, sudah ada rancangan kebijakan yang lebih tinggi daripada Permen, yaitu bentuk undang-undang,

namun sampai dengan akhir tahun 2016, Rancangan Undang-Undang Perlindungan Data Pribadi belum juga disahkan.

Definisi data pribadi dalam rancangan UU tersebut adalah setiap data tentang kehidupan seseorang baik yang teridentifikasi dan/atau dapat diidentifikasi secara tersendiri atau dikombinasi dengan informasi lainnya baik secara langsung maupun tidak langsung melalui sistem elektronik dan non elektronik. Sementara pengertian Data Pribadi Sensitif adalah data pribadi yang memerlukan perlindungan khusus yang terdiri dari data yang berkaitan dengan agama, kesehatan, kondisi fisik dan kondisi mental, kehidupan seksual, data keuangan pribadi dan data pribadi lainnya yang mungkin dapat membahayakan dan merugikan privasi subjek data.

Biaya Tele-Health Indonesia

Perhitungan biaya program *tele-health* di Indonesia dalam studi ini dimulai dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2020, dengan asumsi peralatan yang digunakan setiap tahun adalah sebagai berikut:

Tabel 14 Asumsi Peralatan *Tele-Health* yang Digunakan

Tahun	Peralatan
2016	Tele-EKG
2017	Tele-EKG, Tele-konsultasi
2018	Tele-EKG, Tele-konsultasi, Tele-USG (simple/ANC)
2019	Tele-EKG, Tele-konsultasi, Tele-USG, Tele-Radiologi
2020	Tele-EKG, Tele-konsultasi, Tele-USG, Tele-Radiologi

Jumlah puskesmas pengampu dalam lima tahun mengacu pada roadmap kementerian kesehatan. Apabila diasumsikan jumlah puskesmas yang diampu oleh setiap rumah sakit pengampu sebanyak 10 puskesmas, maka jumlah puskesmas yang diampu tiap tahun dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Jumlah Puskesmas Pengampu dan Diampu

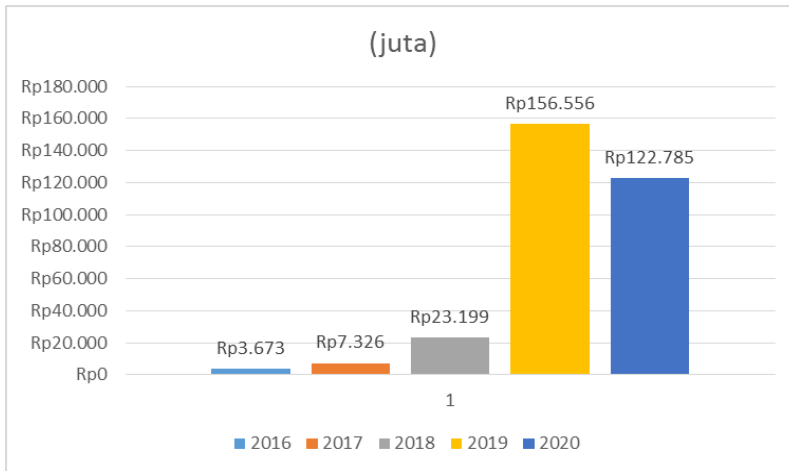
Tabel 15 menunjukkan asumsi biaya yang dikeluarkan untuk program *tele-health*. Biaya yang dikeluarkan terdiri dari *capital expenditure* (capex) atau biaya investasi dan *operational expenditure* (opex). Biaya investasi meliputi peralatan *tele-health*, *Personal Computer*, *Software*, dan ruang radiologi. Biaya opex meliputi biaya pelatihan dokter umum dan bidan yang ada di puskesmas, biaya internet dan biaya

maintenance. Besarnya biaya capex dan opex berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 18 dan Gambar 19.

Tabel 15 Asumsi Biaya Program *Tele-Health*

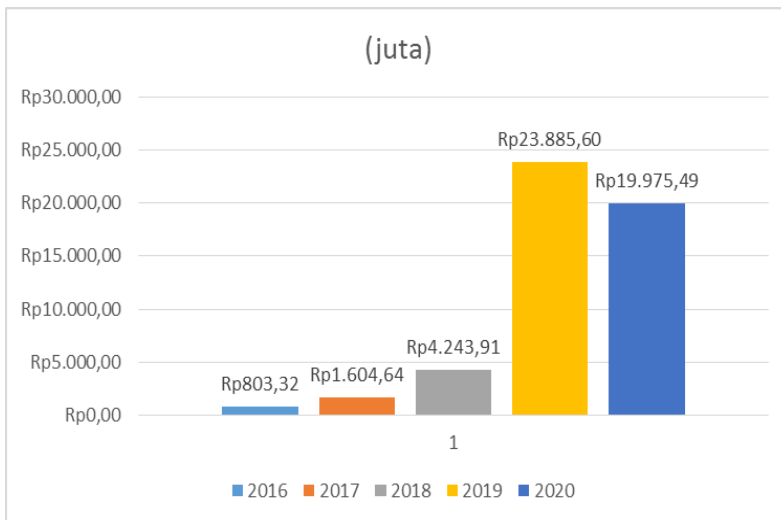
1 modul = 1 tele untuk puskesmas yang diampu	keterangan	
harga 1 modul	Rp.20.000.000	PT.Kun Telemedika
sewa per modul	Rp. 2.000.000	
nilai 1 USD	Rp.13.000	per 7 oktober 2016
inflasi	5%	per tahun
biaya pembangunan ruang radiologi	Rp.70.000.000	
harga tele-ekg	Rp.70.291.000	LKPP, 2016,berlaku s/d 30 Juni 2017
harga tele-usg	Rp.50.000.000	LKPP 2016, berlaku s/d 31 Juli 2018
harga tele-radiologi	Rp.226.576.090,00	LKPP, 2016, berlaku s/d 31 Desember 2016
harga PC	Rp.6.846.25	LKPP, 2016
biaya pelatihan		
EKG	Rp.1.300.000	http://www.kursusdokter/?p=training_detail&ide=11
USG(ANTENATALCARE/USG OBSTETRIC)	Rp.2.000.000	http://www.pelatihanusgkebidanan.net/
USG(Abdomen)	Rp.3.000.000	http://www.pelatihanusgkebidanan.net/
radiologi	Rp.10.000.000	level1, http://www.batan.go.id/pusdiklat/daftar_radiografi/
biaya internet	Rp.400.000	12 Gb, flash kartu halo (per bulan)
biaya maintenance	10%	dari capex
jumlah PC per puskesmas	3	pendaftaran, administrasi, 1 tele

Besarnya biaya investasi maupun operasional pada tahun ke-4 (2019) mengalami kenaikan dikarenakan pada tahun tersebut terdapat penambahan peralatan *tele-radiologi*. Peralatan *tele-radiologi* cukup mahal, ditambah dengan pembangunan ruang radiologi tiap puskesmas yang memerlukan biaya yang cukup besar.

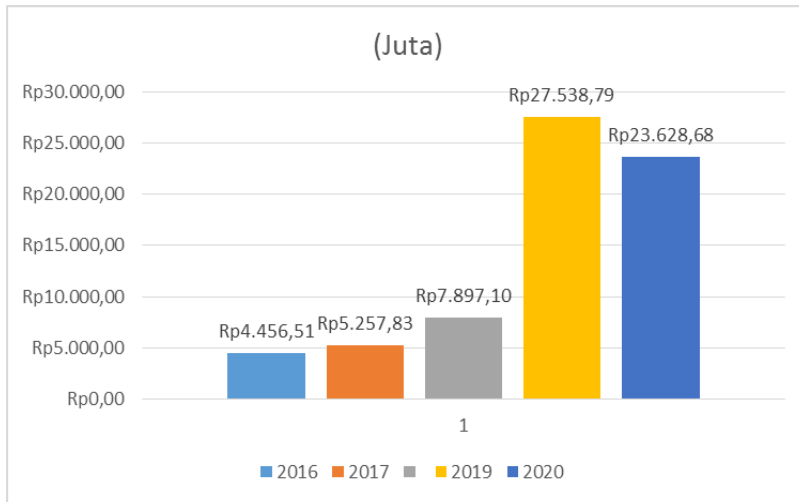


Gambar 18 Biaya Capex

Besarnya biaya investasi maupun operasional pada tahun ke-4 (2019) mengalami kenaikan dikarenakan pada tahun tersebut terdapat penambahan peralatan *tele-radiologi*. Peralatan *tele-radiologi* cukup mahal, ditambah dengan pembangunan ruang radiologi tiap puskesmas yang memerlukan biaya yang cukup besar.



Gambar 19 Biaya Opex



Gambar 20 Total Biaya Capex Opex Pembangunan Tele-Health

Berdasarkan Gambar 18 dan Gambar 19 maka diperoleh besar biaya yang harus dianggarkan oleh kementerian kesehatan tiap tahun yang dapat ditunjukkan pada Gambar 20. Besarnya biaya dari tahun ke tahun mengalami peningkatan dikarenakan penambahan target rumah sakit yang diampu serta peralatan *tele-health*. Anggaran paling besar pada tahun 2019 sebesar 27.5 Miliar. Anggaran Ditjen Bina Upaya Kesehatan, Kementerian Kesehatan pada tahun 2015 sebesar 961.4 Miliar, dengan realisasi anggaran sebesar 329.4 Miliar. Perkiraan biaya program tele-health terbesar yaitu 27.5 Miliar, atau 2.86% dari anggaran tahun 2015.

Tabel 16 Alokasi dan Realisasi Eselon I Kementerian Kesehatan

(1)	(2)	Alokasi (3)	Realisasi (Rp) (4)
1	Sekretariat Jenderal	24.109.430.118.000	22.764.826.410
2	Inspektorat Jenderal	102.971.000.000,00	82.715.773.073,00
3	Ditjen Binda Gizi dan KIA	855.595.374.000,00	663.903.553.350,00
4	Ditjen Bina Upaya Kesehatan	961.458.985.000,00	329.446.388.812,00
5	Ditjen Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan	1.667.006.919.000,00	1.400.485.440.288,00
6	Ditjen Bina Kefarmasian dan Alat Kesehatan	1.826.654.713.000,00	1.737.654.105.036,00

		Alokasi	Realisasi (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)
7	Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan	367.931.195.000,00	261.961.835.674,00
8	Badan Pengembangan dan Pemberdayaan SDM Kesehatan	1.177.624.555.000,00	1.037.683.763.193,00
Kementerian Kesehatan		31.068.672.859.000	28.278.677.525.836

Kesimpulan

Usulan untuk interoperabilitas mengacu pada SNI ISO/HL7 21731:2014 yang berjudul Informatika Kesehatan-HL7 versi 3 – Model informasi referensi – Rilis 1 (ISO/HL7 21731:2006, IDT). Usulan standard gambar medis dan informasi *tele-health* menggunakan DICOM (ISO 12052:2006). Usulan untuk pembangunan jaringan Daerah Terpencil, Perbatasan dan Kepulauan (DTPK) minimal jaringan 3G. Biaya untuk program *tele-health* tidak terlalu banyak apabila dibandingkan dengan anggaran Kementerian Kesehatan. Usulan untuk memperluas ruang lingkup regulasi dari pengaturan keamanan yang belum tercakup di UU dan Permen untuk perangkat IoT sektor kesehatan, yaitu dari aspek ketahanan terhadap serangan dan aspek pemulihan diri (*self-healing*).

Rekomendasi

Studi ini memberikan rekomendasi yaitu perlu diatur penggunaan Zigbee, baik pengaturan frekuensi maupun standardnya, perlu diatur standard gambar dan video untuk layanan *tele-health* agar data yang dikirimkan dapat dibaca oleh dokter spesialis dengan jelas. Perlu dibuat peraturan mengenai standard WBAN baik alokasi frekuensi, daya pancar serta pola radiasi untuk meminimalkan SAR (*Specific Absorbtion Rate*). Perlu dibuat komite yang bertugas untuk mendukung *management capability* sistem IoT antara kementerian dan instansi yang terkait.

Daftar Pustaka

- American College of Radiology (ACR). (2003). ACR Standard for Teleradiology. *ACR Standards*. Retrieved from http://imaging.stryker.com/images/ACR_Standards-Teleradiology.pdf
- Australian Government Department of Health and Ageing. (2011). Guidance on Security , Privacy and Technical Specifications for Clinicians.
- Benson, T. (2013). Principles of Health Interoperability. *Health Information Technology Standards*, 53. <http://doi.org/http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Binotto, A. P. D. (2012). A Real-time Collaborative Tele-ultrasonography System Applied to Underserved Communities - IEEE Life Sciences.
- Bondi, A. (2000). Characteristics of Scalability and Their Impact on Performance. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Software and Performance*, 195–203. <http://doi.org/10.1145/350391.350432>
- Bouhaddou, O., Cromwell, T., Davis, M., Maulden, S., Hsing, N., Carlson, D., ... Fischetti, L. (2012). Translating standards into practice: Experience and lessons learned at the Department of Veterans Affairs. *Journal of Biomedical Informatics*, 45(4), 813–823. <http://doi.org/10.1016/j.jbi.2012.01.003>
- BPPT. (2016). Internet of Things Alat Kesehatan.
- Fallis, A. (2013). Principles of Health Interoperability. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53. <http://doi.org/http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Farn, K.-J., Hwang, J.-M., & Lin, S.-K. (2007). Study on applying ISO/DIS 27799 to medical industry's ISMS. *ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING*, 630–635.
- Fernandez-Aleman, J. L., Senior, I. C., Lozoya, P. A. O., & Toval, A. (2013). Security and privacy in electronic health records: A systematic literature review. *Journal of Biomedical Informatics*, 46, 541–562. <http://doi.org/10.1016/j.jbi.2012.12.003>

- He, D., & Zeadally, S. (2015). An Analysis of RFID Authentication Schemes for Internet of Things in Healthcare Environment Using Elliptic Curve Cryptography. *Internet of Things Journal, IEEE*, 2(1), 72–83. <http://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2360121>
- IEEE Computer Society. (2012). IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Y Part 15.6 : Wireless Body Area Networks.
- ITU. (2015). Functional framework and capabilities of the Internet of Things.
- ITU-T. (2012). Overview of the Internet of things. Series Y: Global Information Infrastructure, Internet Protocol Aspects and next-Generation Networks - Frameworks and Functional Architecture Models, 22.
- Jui-Chien Hsieh, H.-C. Lo. (2010). The Clinical Application of a PACS.
- Kempf, J., Arkko, J., Beheshti, N., & Yedavalli, K. (2011). Thoughts on reliability in the internet of things. *Interconnecting Smart Objects with the Internet Workshop*, 1–4.
- Khan, M. F. F., & Sakamura, K. (2012). Security in Healthcare Informatics : Design and Implementation of a Robust Authentication and a Hybrid Access Control Mechanism. In *The 5th International Conference on Communications, Computers and Applications (MIC-CCA2012)* (pp. 12–14).
- Kuyeon Lee, Juyoung Park, K. K. (2014). Development of a Tele-Healthcare System Based on the HL7 Standard. In *The 18th IEEE International Symposium on Consumer Electronics*. <http://doi.org/https://doi.org/10.1109/ISCE.2014.6884290>
- Lee, K., Park, J., & Kang, K. (2014). Development of a tele-healthcare system based on the HL7 standard. In *International Symposium on Consumer Electronics* (pp. 1–2). <http://doi.org/http://doi.org/10.1109/ISCE.2014.6884290>
- Lee, T. F., Chang, I. P., & Wang, C. C. (2013). Simple group password-based authenticated key agreements for the integrated EPR information system. *Journal of Medical Systems*, 37(2). <http://doi.org/10.1007/s10916-012-9916-1>
- Martinhão, M. (2016). *Best practice policies and initiatives on M2M*. Barcelona.

- Neubauer, T., & Heurix, J. (2011). A methodology for the pseudonymization of medical data. *International Journal of Medical Informatics*, 80(3), 190–204. <http://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2010.10.016>
- PAN American Health Organization. (2016). eHealth in Latin America and the Caribbean: interoperability standards review.
- Rahmani, A. M., Thanigaivelan, N. K., Gia, T. N., Granados, J., Negash, B., Liljeberg, P., & Tenhunen, H. (2015). Smart e-Health Gateway: Bringing intelligence to Internet-of-Things based ubiquitous healthcare systems. In *12th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference* (pp. 826–834). <http://doi.org/http://doi.org/10.1109/CCNC.2015.7158084>
- Rose, K., Eldridge, S., & Lyman, C. (2015). The internet of things: an overview. Retrieved from <http://www.internetsociety.org/doc/iot-overview>
- Samir V. Zanjala, G. R. T. (2015). Medicine Reminder and Monitoring System for Secure Health Using IoT. In *International Conference on Information Security & Privacy* (pp. 471 – 476).
- Suapang, P., Dejhan, K., & Yimmun, S. (2010). Medical image archiving, processing, analysis and communication system for teleradiology. In *IEEE Region 10 Annual International Conference* (pp. 339–345). <http://doi.org/http://doi.org/10.1109/TENCON.2010.5686025>
- team dokter sehat. (n.d.). Tes Mudah untuk Mendeteksi Penyakit Gagal Ginjal - Dokter Sehat. Retrieved from <http://doktersehat.com/tes-mudah-untuk-mendeteksi-penyakit-gagal-ginjal/>
- U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration. (2003). *Guidance for Industry Providing Regulatory Submissions Guidance for Industry*. FDA.
- van der Haak, M., Wolff, A. C., Brandner, R., Drings, P., Wannemacher, M., Wetter, T., ... Dyk, J. van. (2003). Data security and protection in cross-institutional electronic patient records. *International Journal of Medical Informatics*, 70(2–3), 117–30. [http://doi.org/10.1016/S1386-5056\(03\)00033-9](http://doi.org/10.1016/S1386-5056(03)00033-9)
- Walker, M. (2014). *Leveraging enterprise architecture to enable business value with IoT innovations today*. Gartner Group.
- Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things - A

survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 261–274. <http://doi.org/http://doi.org/10.1007/s10796-014-9489-2>

Zhang, Y., Mao, S., Yang, L. T., & Chen, T. M. (2016). *Cyber Physical Systems Architectures, Protocols, and Applications*.