

TESIS

**ANALISIS INTEROPERABILITAS SISTEM INFORMASI KESEHATAN
DENGAN PENDEKATAN GRAPHQL, FHIR, DAN BIGCHAINDB
(Studi Kasus: Perancangan Pengembangan Sistem Tele Monitoring Pasien
Covid-19 pada Sistem yang Berjalan)**



Disusun oleh:

Nama : Danang Kastowo
NIM : 20.52.1333
Konsentrasi : Business Intelligence

**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2022

TESIS

**ANALISIS INTEROPERABILITAS SISTEM INFORMASI KESEHATAN
DENGAN PENDEKATAN GRAPHQL, FHIR, DAN BIGCHAINDB
(Studi Kasus: Perancangan Pengembangan Sistem Tele Monitoring Pasien
Covid-19 pada Sistem yang Berjalan)**

**INTEROPERABILITY ANALYSIS OF HEALTH INFORMATION
SYSTEMS USING GRAPHQL, FHIR, AND BIGCHAINDB APPROACHES
(Case study: Designing The Development of a Covid-19 Patient Tele
Monitoring system on an Existing System)**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Magister



Disusun oleh:

Nama : Danang Kastowo
NIM : 20.52.1333
Konsentrasi : Business Intelligence

**PROGRAM STUDI S2 TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS INTEROPERABILITAS SISTEM INFORMASI KESEHATAN DENGAN PENDEKATAN GRAPHQL, FHIR, DAN BIGCHAINDB

(Studi Kasus: Perancangan Pengembangan Sistem Tele Monitoring Pasien Covid-19
pada Sistem yang Berjalan)

INTEROPERABILITY ANALYSIS OF HEALTH INFORMATION SYSTEMS USING GRAPHQL, FHIR, AND BIGCHAINDB APPROACHES (Case study: Designing The Development of a Covid-19 Patient Tele Monitoring system on an Existing System)

Dipersiapkan dan Disusun oleh

Danang Kastowo

20.52.1333

Telah Diujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tesis
Program Studi S2 Teknik Informatika
Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta
pada hari Selasa, 4 Oktober 2022

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Komputer

Yogyakarta, 4 Oktober 2022

Rektor

Prof. Dr. M. Suyanto, M.M.
NIK. 190302001

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS INTEROPERABILITAS SISTEM INFORMASI KESEHATAN DENGAN
PENDEKATAN GRAPHQL, FHIR, DAN BIGCHAINDB**
(Studi Kasus: Perancangan Pengembangan Sistem Tele Monitoring Pasien Covid-19
pada Sistem yang Berjalan)
**INTEROPERABILITY ANALYSIS OF HEALTH INFORMATION SYSTEMS
USING GRAPHQL, FHIR, AND BIGCHAINDB APPROACHES**
(Case study: Designing The Development of a Covid-19 Patient Tele Monitoring system
on an Existing System)

Dipersiapkan dan Disusun oleh

Danang Kastowo

20.52.1333

Telah Ditujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tesis
Program Studi S2 Teknik Informatika
Program Pascasarjana Universitas AMIKOM Yogyakarta
pada hari Selasa, 4 Oktober 2022

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Ema Utami, S.Si., M.Kom.
NIK. 190302037

Pembimbing Pendamping

Alva Hendi Muhammad, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIK. 190302493

Anggota Tim Penguji

Prof. Dr. Kusriani, M.Kom.
NIK. 190302106

Dhani Ariatmanto, M.Kom., Ph.D.
NIK. 190302197

Prof. Dr. Ema Utami, S.Si., M.Kom.
NIK. 190302037

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Komputer

Yogyakarta, 4 Oktober 2022
Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Kusriani, M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Danang Kastowo
NIM : 20.52.1333
Konsentrasi : Business Intelligence

Menyatakan bahwa Tesis dengan judul berikut:

Tuliskan Judul Tesis Bahasa Indonesia

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ema Utami, S.Si., M. Kom.
Dosen Pembimbing Pendamping : Alva Herdi Muhammad, S.T., M. Eng., PhD.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Tim Dosen Pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi

Yogyakarta, 4 Oktober 2022

Yang Menyatakan,



AMIKOM
MATEMATIKA
TEMAPEL
0100000125938690

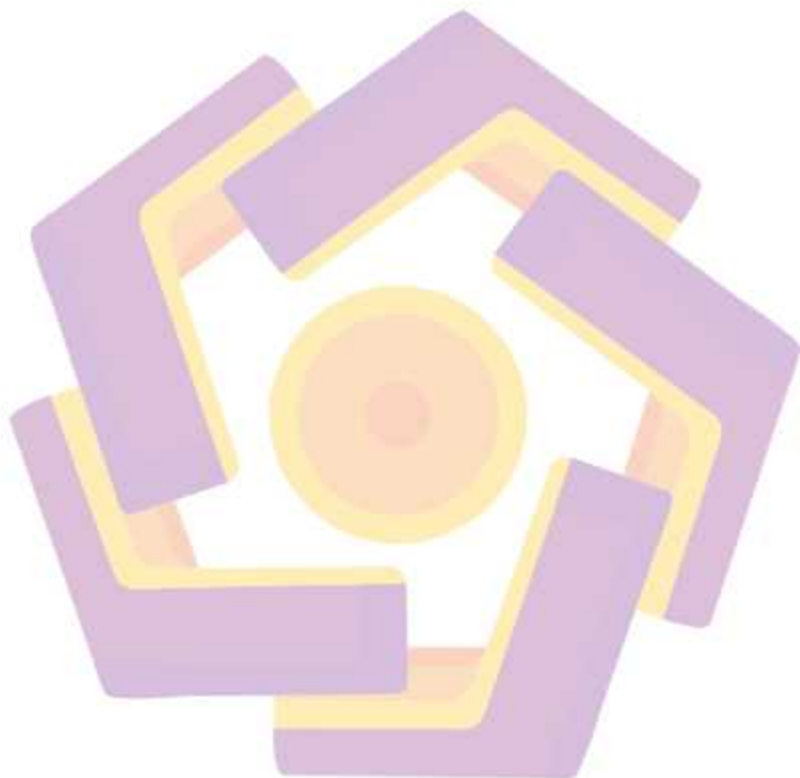
Danang Kastowo

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Analisis Interoperabilitas Sistem Informasi Kesehatan menggunakan Pendekatan GraphQL, FHIR, dan BigchainDB: Studi Kasus Perancangan Pengembangan Sistem Telemonitoring Pasien Covid-19 pada Sistem yang Berjalan”. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing dalam penyusunan laporan Tesis:

1. Ibu Prof. Dr. Ema Utami, M. Kom., selaku pembimbing utama sekaligus Dosen Pasca Sarjana Universitas Amikom Yogyakarta.
2. Bapak Alva Hendi Muhammad, PhD., selaku pembimbing pendamping sekaligus Dosen Pasca Sarjana Universitas Amikom Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Beno Kunto Pradekso, M.Sc., selaku CEO PT. DUA EMPAT TUJUH yang telah memberikan ijin untuk studi lanjut di Universitas Amikom Yogyakarta.
4. Bapak Arief Dolants, selaku atasan penulis di kantor cabang Yogyakarta yang telah memberikan banyak dukungan dan ijin untuk studi lanjut di Universitas Amikom Yogyakarta.
5. Keluarga besar saya Bapak Gunardi dan Bapak Ponidi yang selalu memberikan dukungan dan doa demi kelancaran studi.
6. Istri tercinta Anjas Perwitasari, dan dua malaikat saya Abimanyu Pranaja dan Abiyasa Erghazi yang telah banyak berkorban demi kelancaran studi.

7. Seluruh teman-teman Mahasiswa Pasca Sarjana Universitas Amikom Yogyakarta Angkatan 2020 yang telah banyak membantu.

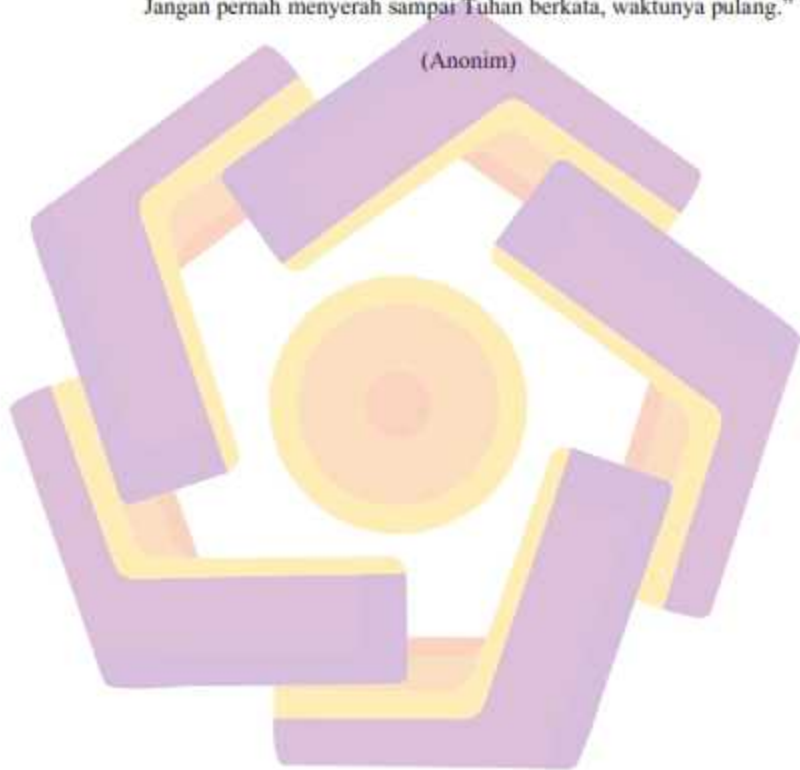


HALAMAN MOTTO

“Hidup adalah belajar, hidup adalah proses, hidup adalah bergerak, tanpa batas umur, tanpa ada kata tua, jatuh.. berdiri lagi, kalah.. coba lagi.

Jangan pernah menyerah sampai Tuhan berkata, waktunya pulang.”

(Anonim)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Analisis Interoperabilitas Sistem Informasi Kesehatan menggunakan Pendekatan GraphQL, Fhir, dan BigchainDB: Studi Kasus Perancangan Pengembangan Sistem Telemonitoring Pasien Covid-19 pada Sistem yang Berjalan”. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing dalam penyusunan laporan Tesis:

1. Ibu Prof. Dr. Ema Utami, M. Kom., selaku pembimbing utama sekaligus Dosen Pasca Sarjana Universitas Amikom Yogyakarta.

2. Bapak Alva Hendi Muhammad, PhD., selaku pembimbing pendamping sekaligus Dosen Pasca Sarjana Universitas Amikom Yogyakarta.

3. Bapak Ir. Beno Kunto Pradekso, M.Sc., selaku CEO PT. DUA EMPAT TUJUH yang telah memberikan ijin untuk studi lanjut di Universitas Amikom Yogyakarta.

4. Bapak Arief Dolants, selaku atasan penulis di kantor cabang Yogyakarta yang telah memberikan banyak dukungan dan ijin untuk studi lanjut di Universitas Amikom Yogyakarta.

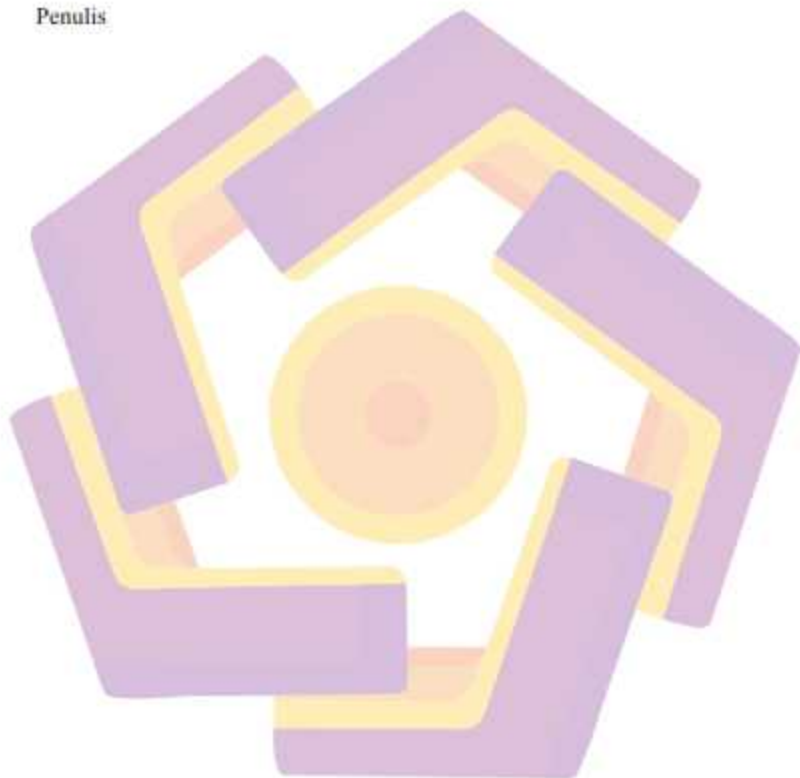
5. Keluarga besar saya Bapak Gunardi dan Bapak Ponidi yang selalu memberikan dukungan dan doa demi kelancaran studi.

6. Istri tercinta Anjas Perwitasari, dan dua malaikat saya Abimanyu Pranaja dan Abiyasa Erghazi yang telah banyak berkorban demi kelancaran studi.

7. Seluruh teman-teman Mahasiswa Pasca Sarjana Universitas Amikom
Yogyakarta Angkatan 2020 yang telah banyak membantu.

Yogyakarta, 4 Oktober 2022

Penulis

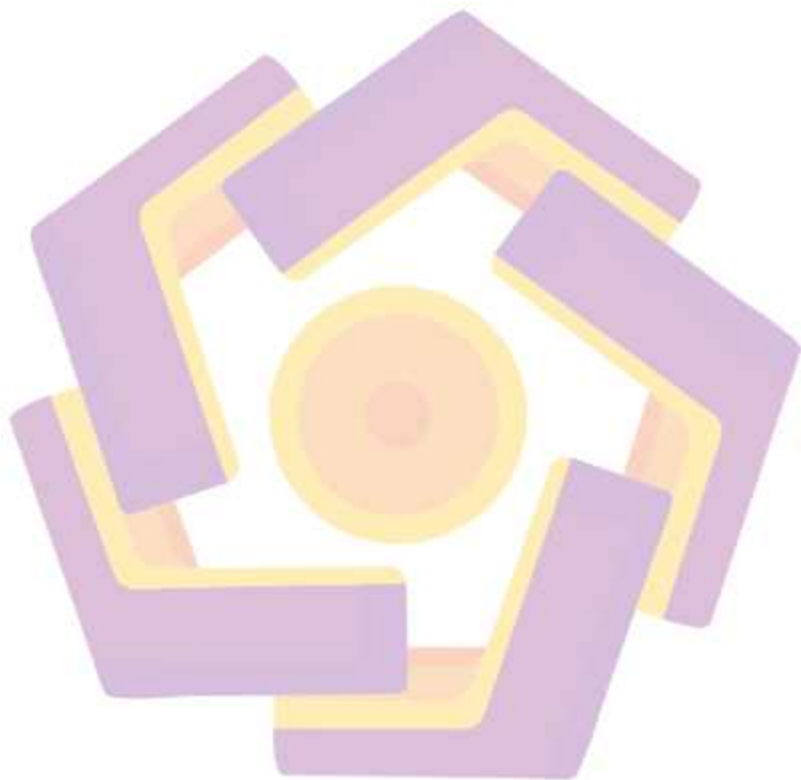


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
INTISARI	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	12
1.3. Batasan Masalah	13
1.4. Tujuan Penelitian	16
1.5. Manfaat Penelitian	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1. Tinjauan Pustaka	18
2.2. Keaslian Penelitian	23

2.3. Landasan Teori	28
2.3.1. Pengumpulan Data	28
2.3.2. Rekam Medis	29
2.3.3. Rekam Medis Elektronik	29
2.3.4. Sistem Informasi Kesehatan	30
2.3.5. FHIR	32
2.3.6. GraphQL	47
2.3.7. BigchainDB	47
2.3.8. OpenEMR	49
2.3.9. Transformasi Data	50
BAB III METODE PENELITIAN	51
3.1. Jenis, Sifat, dan Pendekatan Penelitian	51
3.2. Metode Transformasi Data	52
3.3. Metode Pengumpulan Data	54
3.4. Metode Analisis Data	55
3.5. Alur Penelitian	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	63
4.1. Transformasi Data	63
4.2. Instalasi dan Konfigurasi Server BigchainDB	72
4.3. Interoperabilitas Sistem Informasi Kesehatan	78
4.4. Hasil Analisis	80
BAB V PENUTUP	86
5.1. Kesimpulan	86

5.2. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian Analisis Interoperabilitas Sistem Informasi Kesehatan menggunakan Pendekatan GraphQL, FHIR, dan BigchainDB: Studi Kasus Perancangan Pengembangan Sistem Telemonitoring Pasien Covid-19 pada Sistem yang Berjalan	23
Tabel 2.1. (Lanjutan)	24
Tabel 2.1. (Lanjutan)	25
Tabel 2.1. (Lanjutan)	26
Tabel 2.1. (Lanjutan)	27
Tabel 2.2. Struktur data dan deskripsi Sumber daya <i>Person</i>	33
Tabel 2.2. (Lanjutan)	34
Tabel 2.3. Struktur data dan deskripsi Sumber daya <i>Patient</i>	34
Tabel 2.3. (Lanjutan)	35
Tabel 2.3. (Lanjutan)	36
Tabel 2.4. Struktur data dan deskripsi Sumber daya <i>Practitioner</i>	36
Tabel 2.4. (Lanjutan)	37
Tabel 2.5. Struktur data dan deskripsi Sumber daya <i>Device</i>	38
Tabel 2.5. (Lanjutan)	39
Tabel 2.5. (Lanjutan)	40
Tabel 2.6. Struktur data dan deskripsi Sumber daya <i>Observation</i>	40
Tabel 2.6. (Lanjutan)	41
Tabel 2.6. (Lanjutan)	42

Tabel 2.6. (Lanjutan).....	43
Tabel 2.6. (Lanjutan).....	44
Tabel 2.7. Aturan REST API pada FHIR.....	45
Tabel 2.8. Ringkasan REST API pada FHIR.....	45
Tabel 2.9. Standar URL GraphQL pada FHIR.....	46
Tabel 2.10. Perbandingan Blockchain (Bitcoin), Distibuted Database, BigchainDB49	
Tabel 3.1. Skenario pengujian <i>response time</i>	56
Tabel 3.2. Skenario pengujian batas permintaan data (<i>request</i>).....	57
Tabel 3.3. Skenario pengujian batas pemberian data (<i>response</i>).....	58
Tabel 4.1. Struktur data pada yang diperoleh dilapangan.....	63
Tabel 4.1. (Lanjutan).....	64
Tabel 4.2. Struktur data pasien dengan format FHIR pada OpenEMR.....	65
Tabel 4.2. (Lanjutan).....	66
Tabel 4.2. (Lanjutan).....	67
Tabel 4.2. (Lanjutan).....	68
Tabel 4.2. (Lanjutan).....	69
Tabel 4.3. Hasil analisis untuk skenario <i>response time</i>	81
Tabel 4.4. Hasil analisis untuk batas permintaan.....	82
Tabel 4.5. Hasil analisis untuk batas pemberian data.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Alur pendaftaran pasien pada FHIR	32
Gambar 3.1. Proses transformasi data ke standar FHIR (JSON)	53
Gambar 3.2. Proses transformasi data ke standar FHIR (OpenEMR)	54
Gambar 3.3. Alur Penelitian	59
Gambar 4.1. Kode program untuk transformasi data csv ke FHIR pada MySQL	70
Gambar 4.2. Kode program untuk transformasi data csv ke FHIR pada BigchainDB	71
Gambar 4.3. Arsitektur server sumber daya FHIR	73
Gambar 4.4. Contoh konfigurasi pada file <i>genesis.json</i>	75
Gambar 4.5. Konektivitas yang terjalin antar node pada BigchainDB melalui Tendermint	76
Gambar 4.6. Hasil penyimpanan pada basis data BigchainDB	76
Gambar 4.7. Struktur data pasien dalam format FHIR	77
Gambar 4.8. Skenario interoperabilitas sistem baru dan sistem yang sudah berjalan pada penelitian ini	78
Gambar 4.9. Dashboard MongoDB Compass	84
Gambar 4.10. Response time yang dihasilkan oleh 20 pengguna	84
Gambar 4.11. Ukuran data yang dihasilkan oleh 20 pengguna	85

INTISARI

Interoperabilitas diakui sebagai faktor penting untuk keberhasilan sebuah Sistem Informasi Kesehatan. Interoperabilitas dapat dicapai dengan standar umum, yang dapat menguraikan arti dari data yang dipertukarkan. FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) merupakan standar internasional yang umum digunakan untuk mekanisme pertukaran data kesehatan elektronik. Mekanisme pertukaran data kesehatan, pada standar ini dapat menggunakan pendekatan berbasis GraphQL, pendekatan ini dinilai lebih efisien dan fleksibel untuk mengatur permintaan dari klien. Kemudian, selain masalah pertukaran data, hal penting lainnya untuk menjaga integritas data rekam medis elektronik, dibutuhkan penyimpanan data yang lebih fleksibel untuk membuat backup data, salah satunya dengan menerapkan teknologi penyimpanan berbasis blockchain. BigchainDB memiliki kemampuan untuk membagi data yang telah disimpan, bahkan pada saat data mulai pertama kali akan disimpan, secara otomatis akan dikirimkan ke semua node yang sudah saling terhubung. Dengan memanfaatkan ketiga teknologi tersebut (FHIR, BigchainDB dan GraphQL) dapat menghasilkan sebuah sistem berbasis layanan yang dapat digunakan untuk pertukaran data rekam medis elektronik yang berstandar internasional dan dapat diterapkan diberbagai lintas sistem. Kemampuan membaca data pada sistem ini dihasilkan response time sebesar 0.32 ms untuk jumlah node satu, dan kemampuan insert data untuk jumlah node satu dihasilkan response time sebesar 47 ms. Response time yang dihasilkan untuk jumlah node tiga untuk membaca data sebesar 0.175 ms dan untuk proses penambahan data dibutuhkan waktu 1430 ms. Untuk proses insert data (jumlah node server lebih dari satu) pendekatan yang digunakan pada penelitian ini relatif lebih lama jika dibandingkan dengan teknologi lainnya, tetapi untuk pembacaan datanya relatif lebih cepat.

Kata kunci: graphql, fhir, bigchaindb, interoperabilitas, SIMRS

ABSTRACT

Interoperability is recognized as an important factor in the success of a Health Information System. Interoperability can be achieved by common standards, which can describe the meaning of the data exchanged. FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) is an international standard commonly used for electronic health data exchange mechanisms. The health data exchange mechanism, in this standard, can use a GraphQL-based approach, this approach is considered more efficient and flexible to manage requests from clients. Then, in addition to the issue of data exchange, another important thing is to maintain the integrity of electronic medical record data, more flexible data storage is needed to back up data, one of which is by implementing blockchain-based storage technology. BigchainDB can share the data that has been stored, even when the data is first saved, it will automatically be sent to all nodes that are already connected. By utilizing these three technologies (FHIR, BigchainDB, and GraphQL) it is possible to produce a service-based system that can be used to exchange electronic medical record data of international standards and can be shared across systems. The ability to read data on this system produces a response time of 0.32 ms for the number of nodes one, and the ability to insert data for the number of nodes produces a response time of 47 ms. The resulting response time for the number of nodes three to read data is 0.175 ms and for the process of adding data, it takes 1430 ms. For the data insert process (the number of server nodes is more than one) the approach used in this study is relatively long when compared to other technologies, but the reading of the data is relatively faster.

Keyword: graphql, fhir, bigchaindb, interoperability, HIS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Rekam medis merupakan bagian penting dari perawatan pasien. Kumpulan informasi tertulis tentang perawatan kesehatan pasien yang digunakan dalam pengelolaan dan perencanaan fasilitas / layanan kesehatan, penelitian medis, dan analisa perawatan kesehatan (World Health Organization, 2002).

Catatan medis yang sudah ditulis oleh dokter, perawat dan para profesional bidang kesehatan lainnya, harus tersedia untuk petugas kesehatan pada saat pasien kembali ke fasilitas pelayanan kesehatan. Ketersediaan rekam medis merupakan pekerjaan petugas rekam medis. Jika rekam medis tidak tersedia, dapat menghambat pemeriksaan pasien, karena informasi sebelumnya dapat menjadi informasi penting untuk perawatan berkelanjutan mereka. Selain itu, jika rekam medis tidak tersedia pada saat dibutuhkan untuk perawatan pasien, sistem rekam medis tidak berfungsi dengan baik akan berpengaruh terhadap kepercayaan layanan kesehatan (World Health Organization, 2002).

Rekam medis berbasis digital atau biasa disebut dengan rekam medis elektronik sudah banyak diadopsi pada sistem informasi kesehatan di beberapa rumah sakit di beberapa negara. Tujuannya adalah untuk pengembangan layanan informasi pasien otomatis yang akan meningkatkan pengambilan informasi yang efisien untuk perawatan pasien, analisa berkelanjutan, penelitian dan pengajaran. Sistem komputerisasi dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi, apabila

prosedur manual dasar sudah ada dan terorganisir dengan baik (World Health Organization, 2002).

Penelitian mengenai peran rekam medis elektronik sebagai pendukung manajemen pelayanan pasien di rumah sakit dilakukan oleh (Amrina Rosyada dkk, 2016). Dari hasil wawancara dengan petugas medis dan observasi di lapangan yang telah dilakukan pada penelitian tersebut, diantaranya: data dan informasi pasien sudah dicatat secara elektronik, terhubung dengan beberapa departemen (laboratorium, radiologi, dan farmasi), memudahkan pengukuran kemajuan klinis, memudahkan komunikasi medis antar petugas kesehatan, data dapat tersedia secara *realtime* (pada saat data dibutuhkan data sudah tersedia sebelumnya), membantu dokter dalam pengambilan keputusan klinis yang lebih cepat. Selain hasil dari wawancara dan observasi di lapangan, penelitian tersebut juga mengukur variabel-variabel penentu yang berpengaruh terhadap penggunaan sistem dalam penerapan rekam medis elektronik. Berdasarkan hasil analisis SEM diketahui bahwa korelasi yang kuat terjadi pada variabel *facilitating condition* dan *effort expectancy* (0,780), *effort expectancy* dan *performance expectancy* (0,459), *performance expectancy* dan *behavioral intention to use* (0,569). Dari penelitian tersebut disampaikan bahwa pentingnya data rekam medis elektronik yang lengkap menjadi kunci penting kesuksesan dalam pelayanan kesehatan di rumah sakit. Pelayanan jauh lebih cepat dilakukan dan menghemat waktu, karena pada saat data rekam medis dibutuhkan, petugas dapat mencari dengan cepat. Untuk memenuhi kebutuhan kelengkapan data rekam medis pada penelitian tersebut tidak menyebutkan secara detail berkaitan format data rekam medis elektronik

seperti apa yang dapat digunakan oleh rumah sakit. Sehingga pada penelitian kali ini peneliti ingin mengusulkan format penyimpanan data rekam medis yang sudah berstandar internasional yang telah digunakan lebih dari 38 negara di seluruh dunia yaitu *HL7 FHIR* (Tim Benson, Grahame Grieve, 2021), dengan harapan dapat digunakan diseluruh rumah sakit di Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia mendukung gerakan *e-health* untuk diterapkan di setiap rumah sakit di Indonesia, termasuk Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit, *telemedicine*, *telemonitoring*, dan rekam medis elektronik. Pada tahun 2020 tercatat 1.479 rumah sakit yang sudah menggunakan SIMRS dan sudah berfungsi secara *front-office* maupun *back-office* (Kemenkes, 2020). Di Indonesia, dasar hukum penggunaan rekam medis elektronik diatur dan dilindungi dalam UU No. 11 tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik, Permenkes No. 269 tahun 2008 tentang Rekam Medis dan Kepmenkes No. 55 tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Pekerjaan Perekam Medis. Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit juga diatur dalam UU No 82 tahun 2013 tentang Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit. Seperti yang tercantum pada pasal 3 dan 4, setiap rumah sakit wajib menyelenggarakan SIMRS, penyelenggaraan SIMRS dapat menggunakan kode sumber terbuka (*open source*) yang disediakan oleh kemenkes atau yang dibuat oleh rumah sakit, setiap rumah sakit harus melaksanakan pengelolaan dan pengembangan SIMRS. Bahkan masalah interoperabilitas / kemampuan komunikasi data juga diatur pada pasal 5. Dasar hukum ini dapat dijadikan sebagai landasan hukum yang sah untuk mengembangkan sistem informasi kesehatan, rekam medis elektronik dan juga

interoperabilitas antar sistem bagi rumah sakit atau institusi pelayanan kesehatan di Indonesia. Salah satu bentuk pengembangan sistem informasi kesehatan, pada penelitian ini ingin mengusulkan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan data rekam medis elektronik yang dapat dipertukarkan melalui sebuah standar pertukaran data rekam medis elektronik yaitu *HL7 FHIR*.

Integrasi layanan kesehatan merupakan kunci perbaikan perawatan kesehatan pasien. Integrasi layanan akan berjalan baik apabila data rekam medis pasien sudah tercatat dengan baik secara elektronik. Menurut laporan *Institute of Medicine (IOM)* ketidakefektifan kordinasi pelayanan disebabkan buruknya komunikasi antar petugas kesehatan dalam memberikan dan memutuskan perawatan apa yang akan diberikan kepada pasien. *IOM* merekomendasikan rekam medis elektronik sebagai media pendukung peningkatan kualitas pelayanan pasien melalui kemudahan aksesibilitas informasi (Amrina Rosyada dkk, 2016).

Interoperabilitas adalah kemampuan 2 atau lebih sistem untuk saling tukar menukar data atau informasi dan saling dapat mempergunakan data atau informasi yang dipertukarkan tersebut. Interoperabilitas didefinisikan sebagai kemampuan organisasi pemerintah untuk saling berbagi dan mengintegrasikan informasi dan proses kerjanya, dengan memanfaatkan sekumpulan standar yang baku. Penetapan standar baku, kebijakan, dan standar teknologi telematika terkait, dimaksudkan sebagai rancang bangun arsitektur layanan yang terintegrasi dengan strategi secara spesifik melibatkan sistem elektronik yang mendukung proses kerja atau usaha (Muhammad Arief dkk, 2008). Beberapa kendala yang dapat menyebabkan interoperabilitas sulit dilakukan menurut (Muhammad Arief dkk, 2008), tidak

memiliki dokumentasi sistem, belum tersedianya kamus data (*data dictionary*) yang jelas, adanya perbedaan persepsi mengenai interoperabilitas, belum dikenalnya interoperabilitas sistem informasi, belum merasa perlu adanya interoperabilitas sistem informasi, belum menyadari perlunya berbagi (*sharing*) data antar sistem. Berdasarkan uraian kendala-kendala interoperabilitas tersebut, pada penelitian ini mengusulkan *HL7 FHIR* sebagai standar pertukaran data rekam medis elektronik, menurut (Tim Benson dan Grahame Grieve, 2021) standar ini telah digunakan diberbagai negara diseluruh dunia. Artinya standar ini seharusnya dapat digunakan juga di Indonesia.

Berikut adalah beberapa standar baku untuk interoperabilitas khususnya di dunia kesehatan: *International Classification of Disease (ICD)*, *Systematized Nomenclature of Medicine (SNOMED)*, *Logical Observation Identifiers, Names, and Codes (LOINC)*, *Health Level Seven International (HL7)*, *National EMS Information System (NEMESIS)* (Syauqie Muhammad Marier, 2018). *Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR)* adalah standar pertukaran data kesehatan secara elektronik versi terbaru yang dikembangkan oleh organisasi non-profit yang bernama *Health Level 7 (HL7)*. *FHIR* dikembangkan berdasarkan pendekatan industri dan didasarkan pada pemodelan pertukaran data sebelumnya, *HL7 v2*, *HL7 v3*, *RIM* dan *CDA*. *FHIR* dapat digunakan sebagai pertukaran data mandiri, artinya bagi setiap rumah sakit atau instansi pelayanan kesehatan yang ingin memiliki standar pertukaran data kesehatan di lingkungannya. Selain itu *FHIR* dapat digunakan pada lingkungan sistem yang lebih besar atau global,

karena standar pertukaran ini sudah dan digunakan sebagai standar internasional pertukaran data kesehatan (HL7 FHIR, 2021).

Dukungan pemerintah Indonesia dalam pemanfaatan standar ini dapat dilihat dari peluncuran sebuah sistem Platform as a Service (PAAS) untuk pertukaran data kesehatan secara elektronik yang disebut Indonesia Health Service (IHS) pada tanggal 25 April 2022. Meskipun masih versi beta, dengan adanya platform tersebut menunjukkan bahwa standarisasi data kesehatan khususnya penerapan FHIR di Indonesia sudah mulai dilakukan dan menjadi hal yang penting bagi para seluruh stakeholder yang terlibat dalam pengembangan sistem kesehatan untuk memperhatikan masalah standar pertukaran data ini (Kemenkes, 2022). Peluncuran sistem tersebut dapat dikatakatakan sebagai strategi awal penggunaan standar FHIR di Indonesia. Langkah pemerintah perlu disambut baik dan perlu direalisasikan oleh semua stakeholder dan para pengembang sistem informasi kesehatan untuk berkiblat kepada standar ini khususnya dalam penentuan format penyimpanan maupun format pertukaran datanya. Adanya forum diskusi, seminar dan publikasi atau penelitian mengenai FHIR juga dapat mempercepat pengenalan FHIR di Indonesia (SENWODIPA, 2020), dengan harapan dapat mencapai satu data kesehatan nasional, seperti yang telah disampaikan Kemenkes (VOI, 2022).

Selain strategi yang perlu disiapkan dan diupayakan, tantangan-tantangan yang akan dihadapi dalam pengintegrasian data kesehatan dengan standar FHIR juga harus diperhatikan, supaya proses pengintegrasian data dengan FHIR dapat dilakukan secara lancar. Tantangan seperti perbedaan format data antara sistem

yang sudah berjalan dengan format FHIR, kompleksitas format FHIR dan pemilihan sistem basis data yang tepat untuk menyimpan data rekam medis elektronik yang sangat kompleks. Dari beberapa tantangan tersebut dapat dijadikan sebagai evaluasi dan bahan penelitian-penelitian baru di atas FHIR. Sehingga, tantangan yang akan dihadapi dapat dijadikan sebagai langkah strategis implementasi FHIR di Indonesia.

Penelitian lain yang membahas tentang masalah interoperabilitas data rekam medis dilakukan oleh (Syauqie Muhammad Marier, 2018) tentang potensi penerapan standar pertukaran data *HL7* di rumah sakit, khusus pada penelitian tersebut pada Rumah Sakit JIH Yogyakarta. Metode analisis untuk mengukur potensi penerapan *HL7* yang digunakan pada penelitian tersebut dengan melakukan mapping terhadap struktur data rekam medis dari sistem rumah sakit dan struktur dari *HL7*. Dari hasil dan pembahasan yang sudah dilakukan penelitian tersebut, mengalami kendala pada saat melakukan mapping konversi ke format *HL7 v2*. Kendala kedua, dokter lebih suka menuliskan hasil diagnosis pada text-area yang sudah disediakan pada sistem daripada memilih daftar diagnosis yang sudah disediakan (*ICD 10*) berupa *dropdown input* karena dianggap lama. Selain itu format pertukaran data menggunakan *HL7 v2*, format data yang dikirim berupa segment yang dipisahkan dengan tanda *pipe* atau | jika tidak dikonversi ulang pada saat membacanya akan sedikit menyusahakan bagi dokter, dimana tiap-tiap segment menjelaskan tentang informasi penting yang ingin disampaikan. Pada sistem pendaftaran pasien pada obyek penelitian tersebut, semua kebutuhan untuk mengkonversi ke dalam *HL7 v2* sudah terpenuhi. Pada penelitian tersebut

dapat dikembangkan dan disempurnakan lagi dengan standar terbaru yakni menggunakan standar baku *HL7 FHIR*.

Hal lain yang tidak kalah penting untuk mencapai interoperabilitas data / sistem, perlu adanya cara untuk berkomunikasi antar sistem. *REST API* merupakan teknologi yang populer digunakan pada saat ingin mengembangkan sebuah *Web APIs* (Khrisna Indrawan Eka Putra, 2021). Akan tetapi dengan perkembangan teknologi yang cukup pesat, pendekatan baru menggunakan *GraphQL* dirasakan lebih fleksibel, karena response yang diberikan sesuai dengan kebutuhan dari klien. Selain itu *GraphQL* juga lebih efisien, karena developer tidak perlu membuat banyak *endpoint rest api*, cukup dengan 1 *endpoint* (Tioreza Febrian, 2017). *GraphQL (Query Language for API)* dikembangkan oleh Facebook dan diimplementasikan pada sisi server. Meskipun sebuah *query language*, *GraphQL* tidak berhubungan langsung dengan basis data yang digunakan (GraphQL, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh (Suresh Kumar Mukhiya dkk, 2019) dengan judul *A GraphQL approach to Healthcare Information Exchange with HL7 FHIR*, menunjukkan bahwa *GraphQL* dan *FHIR* dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah interoperabilitas sistem kesehatan. Pada penelitian tersebut dijelaskan mengenai kemampuan *GraphQL* untuk ukuran data yang dikirimkan lebih kecil jika dibandingkan dengan *REST API*, 1,59 kilobytes untuk *GraphQL* dan 3,33 kilobytes. Kemudian pada sisi kecepatan akses atau *response time* yang dihasilkan 79,5 milidetik untuk *GraphQL* dan 90.1 milidetik untuk *REST API*.

Penelitian lain yang membahas mengenai pendekatan *GraphQL* dan *FHIR* untuk pengintegrasian beberapa sistem informasi kesehatan untuk mencapai interoperabilitas dengan standar data yang digunakan berbeda-beda dilakukan oleh (Suresh Kumar Mukhiya dan Yngve Lamo, 2021). Penelitian ini menghasilkan sebuah arsitektur sistem untuk pertukaran data menggunakan standar *FHIR* dengan beberapa sistem lain yang menggunakan standar data kesehatan yang berbeda. Selain itu, dijelaskan juga mengenai kemampuan *GraphQL* jika dibandingkan dengan *REST API* pada sistem informasi kesehatan sebelumnya. Dari sisi ukuran yang ditransmisikan untuk mengambil semua data, pendekatan *GraphQL* jauh lebih kecil, yaitu 11 *killobytes* dan pendekatan dengan *REST API* 21 *killobytes*. Dari sisi *response time* yang diberikan, pendekatan *GraphQL* sebesar 1500 *milliseconds* dan pendekatan *REST API* sebesar 2500 *milliseconds*.

Blockchain merupakan teknologi yang paling menonjol pada saat ini, menurut beberapa pendapat ahli, teknologi ini dapat diterapkan pada hampir semua domain sistem, seperti perbankan, energi, IoT, media dan juga kesehatan (David Berdik dkk, 2021). *BigchainDB* merupakan basis data yang menerapkan teknologi *blockchain*. Karakteristik basis data dan beberapa properti *blockchain*, seperti desentralisasi, kekelan, dan dukungan informasi (metadata) terhadap data aset yang disimpan dan kemampuan untuk menggunakan kembali data yang sudah disimpan dalam basis data sebagai aset. *BigchainDB* sendiri dirancang untuk menyimpan data dengan ukuran yang sangat besar (*BigData*). *BigchainDB* menggabungkan database terdistribusi (*enterprise version of MongoDB*) sebagai

penyimpanan datanya dan *Tendermint* sebagai sistem desentralisasinya untuk mendapatkan manfaat dari keduanya (BigchainDB, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh (Jin Sun dkk, 2020) adalah menerapkan konsep teknologi *blockchain* untuk menyimpan data rekam medis elektronik yang terdesentralisasi. Fokus pada penelitian tersebut adalah berkaitan dengan analisis keamanan data, tentang bagaimana data disimpan secara enkripsi, bagaimana cara membaca kembali data yang sudah dienkripsi, bagaimana data rekam medis dibagikan, dan algoritma yang digunakan dalam proses pengenkripsian. Hasil dari penelitian tersebut berupa algoritma baru yang digunakan untuk mengenkripsi data rekam medis, konsep pertukaran data dalam sistem basis data *blockchain*, dan penyimpanan data rekam medis terenkripsi menggunakan konsep *blockchain*. Penelitian tersebut masih dapat dikembangkan khususnya pada area data rekam medis yang disimpan dengan standar baku *FHIR*.

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Suresh Kumar Mukhiya dkk, 2019) dan (Suresh Kumar Mukhiya dan Yngve Lamo, 2021), maka penulis akan melakukan pengkajian dan analisis mengenai kemampuan *GraphQL* sebagai *Web APIs* untuk mekanisme pertukaran data rekam medis antara klien dan server guna memperoleh fleksibilitas dan efisiensi permintaan dan respon, menggunakan standar *FHIR* sebagai skema pada *GraphQL*.

Selain itu, merujuk dari penelitian yang dilakukan oleh (Jin Sun dkk, 2020) yang menerapkan teknologi *blockchain* sebagai penyimpanan data rekam medis dan fokus penelitian yang berbeda dengan penelitian ini, maka penulis juga akan

menerapkan basis data berbasis *blockchain* dalam penelitian ini dengan menambahkan dan menggunakan skema *FHIR*, dengan harapan data yang disimpan dalam suatu basis data memiliki standar baku secara internasional, serta menggunakan dan menguji kemampuan *BigchainDB* sebagai media penyimpanan data rekam medis elektronik, yang mana pemanfaatan teknologi *blockchain* masih tergolong baru untuk data rekam medis.

Pada penelitian ini, metode interoperabilitas yang diusulkan menggunakan *GraphQL* sebagai mekanisme pertukaran data rekam medis elektronik, *FHIR* sebagai dasar pembuatan struktur basis data yang akan digunakan dan struktur pesan yang dipertukarkan. Selain itu peneliti juga menggunakan basis data berbasis *blockchain* yang mana teknologi ini merupakan hal baru jika digunakan sebagai penyimpanan data rekam medis elektronik.

Keberhasilan interoperabilitas yang diusulkan pada penelitian ini perlu diuji dengan sistem yang telah ada sebelumnya dan sistem baru yang akan diimplementasikan di rumah sakit. Skenario pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini, menggunakan basis data dari Rumah Sakit Harapan Kita (sistem yang telah berjalan) ke dalam sebuah sistem rekam medis elektronik berbasis *FHIR* yang akan dihasilkan dari penelitian ini. Peneliti akan membuat sebuah *worker application* yang digunakan untuk mentransformasikan data dari sistem Rumah Sakit Harapan Kita (data pasien dan dokter) ke dalam sistem berbasis *FHIR*. Dari sistem ini selanjutnya dilakukan pengujian terhadap sistem baru yang ingin diintegrasikan yakni menggunakan Sistem Telemonitoring Pasien Covid-19. Sistem telemonitoring ini sebuah perangkat *IoT (Internet of Things)*, perpaduan

antara Ventilator Covid-19 sebagai penghasil data pemeriksaan dan aplikasi berbasis *mobile* sebagai monitor untuk menampilkan informasi yang dihasilkan oleh ventilator sekaligus sebagai kontrol terhadap data rekam medis elektronik yang akan dihasilkan. Kontrol yang dimiliki mulai dari konfigurasi data pasien dan dokter sebagai penanggung jawab pemeriksaan, konektivitas ke ventilator dengan menggunakan *bluetooth low energy (BLE)*. Pengiriman data hasil monitoring dikirimkan secara *real-time* ke server dan aplikasi ini akan memberikan notifikasi kepada dokter / petugas medis, apabila terjadi masalah (baik dari alat maupun kondisi pasien). Mekanisme pertukaran data yang telah diterapkan pada sistem ini akan diujikan kembali menggunakan standar pertukaran data yang dihasilkan pada penelitian ini untuk mengetahui tingkat fleksibilitas sistem pertukaran data yang akan dihasilkan terhadap sistem baru.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Bagaimana mekanisme pengintegrasian sistem berjalan dengan sistem berbasis FHIR untuk mengembangkan sistem baru yang mendukung sistem yang sudah berjalan?
- b. Berapa besar *response time* yang dihasilkan dari Web APIs yang menggunakan pendekatan yang diusulkan pada penelitian ini?
- c. Berapa batas maksimal ukuran data permintaan (*request*) yang dapat dikirim dengan pendekatan yang diusulkan pada penelitian ini?

- d. Berapa batas maksimal ukuran data pemberian (*response*) yang dapat dikirim dengan pendekatan yang diusulkan pada penelitian ini?
- e. Berapa batas maksimal ukuran data yang dapat disimpan ke dalam basis data BigchainDB?
- f. Berapa batas maksimal pengguna yang dapat mengakses Web APIs dengan pendekatan yang diusulkan pada penelitian ini?

1.3. Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. *FHIR resource* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Person, Patient, Practitioner, Device* dan *Observation*.
- b. Sumber daya *Device* dan *Practitioner* tidak dilakukan transformasi data karena data yang digunakan sudah memenuhi standar FHIR, yang telah disimpan pada OpenEMR.
- c. Ruang lingkup interoperabilitas pada penelitian ini adalah Sistem Informasi Rekam Medis Elektronik (OpenEMR), sistem transformasi data (*worker application*) yang akan dihasilkan dalam penelitian ini, sistem pertukaran data rekam medis elektronik berbasis FHIR yang akan dihasilkan pada penelitian ini, dan sistem telemonitoring pasien Covid-19, yakni Mediv247 dan ICES247.

- d. Sumber data yang digunakan pada sistem berjalan adalah data pasien dan dokter yang sudah disamakan identitasnya yang diperoleh dari AIforCOVID dan RS Jantung Harapan Kita.
- e. Analisa mengenai web api menggunakan pendekatan GraphQL maupun REST Api tidak dilakukan pada penelitian ini, karena sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya.
- f. Peneliti berfokus pada perancangan dan pembuatan *Web APIs* dengan pendekatan *GraphQL*, *FHIR* dan *BigchainDB*.
- g. Peneliti akan membahas dan menganalisa mengenai kemampuan *BigchainDB* sebagai basis data rekam medis elektronik dengan standar baku *FHIR* dengan sistem basis data lain (*RDBMS*) dengan standar baku *FHIR* yang dimiliki oleh *OpenEMR*.
- h. Peneliti berfokus pada pembuatan prototipe transformasi data yang digunakan sebagai *worker application* untuk mengkonversi data pasien dan dokter dari basis data (*MySQL*) pada sistem berjalan ke dalam sistem berbasis *FHIR*.
- i. Sistem Telemonitoring Pasien Covid-19 merupakan sistem di luar penelitian ini yang tujuan dari keberadaan sistem tersebut untuk menghasilkan data pemeriksaan atau data observasi terhadap pasien tertentu. Data yang dihasilkan berupa data dari sensor atau ventilator Covid-19 yang akan dikirimkan dan disimpan ke dalam *Web APIs* yang dihasilkan pada penelitian ini.
- j. Detail pengembangan sistem telemonitoring tidak akan dijelaskan secara detail pada penelitian ini.

- k. *GraphQL*, *FHIR* dan *BigchainDB* digunakan sebagai dasar pengembangan *Web APIs* pada penelitian ini yang akan digunakan untuk pertukaran data yang didalamnya sudah tersedia modul transformasi data dari *MySQL* ke *FHIR*.
- l. Peneliti akan menguji *response time* mengenai web apis yang akan dihasilkan pada penelitian ini.
- m. Peneliti akan menguji jumlah maksimal *request* dan *response* yang dapat ditangani oleh sistem.
- n. Peneliti akan menguji mengenai batas maksimal ukuran data yang dapat disimpan dalam basis data *BigchainDB*.
- o. Peneliti akan menguji jumlah maksimal pengguna yang dapat mengakses sistem web apis yang dihasilkan.
- p. Pada penelitian ini tidak membahas secara detail mengenai privasi data pasien. Karena *FHIR* merupakan standar pertukaran data, berkaitan dengan keamanan perlu adanya sistem atau server pendukung untuk mendapatkannya. Namun demikian, bahkan dengan pembatasan ini, arsitektur, prototipe, dan pendekatan komunikasi yang diusulkan pada penelitian ini akan secara signifikan menguntungkan industri perawatan kesehatan di Indonesia dan komunitas penelitian untuk mendapatkan interoperabilitas dalam sistem informasi kesehatan yang mengikuti standar perawatan kesehatan yang berbeda.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghasilkan mekanisme pengintegrasian sistem berjalan dengan sistem berbasis standar baku (FHIR) untuk pengembangan sistem baru guna mendukung sistem yang sudah berjalan berupa rancangan arsitektur interoperabilitas sistem informasi kesehatan.
- b. Mengetahui hasil *response time* Web APIs dengan pendekatan GraphQL dan BigchainDB dengan standar FHIR.
- c. Mengetahui batas maksimal ukuran data permintaan (*request*) yang dapat dikirimkan dengan pendekatan GraphQL.
- d. Mengetahui batas maksimal ukuran data pemberian (*response*) yang dapat dikirimkan dengan pendekatan GraphQL.
- e. Mengetahui batas maksimal ukuran data yang dapat disimpan ke dalam basis data BigchainDB.
- f. Mengetahui batas maksimal pengguna yang dapat mengakses Web APIs dengan pendekatan GraphQL dan BigchainDB dengan standar FHIR.

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Bagi pengembang sistem informasi kesehatan di Indonesia dapat memberikan informasi dalam pengembangan sistem berbasis *FHIR*.

- b. Bagi pemilik (rumah sakit) sistem informasi kesehatan di Indonesia dapat memberikan informasi dalam pengintegrasian dengan sistem lain yang berbasis pada standar baku *FHIR*.
- c. Bagi peneliti dapat mengetahui kemampuan *GraphQL* dan *BigchainDB* untuk pengembangan sistem *Web APIs* berdasarkan standar baku *FHIR*.
- d. Bagi peneliti dapat menghasilkan sebuah rancang bangun sistem interoperabilitas khususnya untuk data rekam medis elektronik, dengan harapan dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.
- e. *FHIR* dapat digunakan sebagai standar nasional pertukaran data kesehatan di Indonesia



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai analisis kelengkapan pengisian dan fasilitas rekam medis untuk pasien rawat inap di Rumah Sakit Stella Maris Makassar, dilakukan oleh (Irwandy dkk, 2020). Tujuan dari penelitian untuk mengetahui gambaran kelengkapan pengisian data rekam medis dan fasilitas rekam medis yang tersedia pada rumah sakit tersebut. Peneliti melakukan pengamatan terhadap berkas rekam medis yang terdiri dari 8 jenis dokumen rawat inap, dimana setiap jenis dokumen berjumlah 92 berkas pada bulan Januari - Maret tahun 2017. Jenis dokumen yang paling tidak lengkap adalah jenis dokumen ringkasan masuk dan keluar medis sebanyak 50 berkas (54,3%) sedangkan dokumen yang paling lengkap adalah asesmen keperawatan dan dokumen persetujuan sebanyak 92 berkas (100%). Dari beberapa jenis dokumen tersebut jika persentasekan semuanya dan dikategorikan sebagai dokumen lengkap dan tidak lengkap persentase yang dihasilkan adalah 57% untuk dokumen lengkap dan 43% dokumen tidak lengkap. Hal ini masih dianggap belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh Dirjen Bina Upaya Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2012.

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah kelengkapan data rekam medis pasien rawat inap masih kurang lengkap menurut standar yang ditetapkan oleh Dirjen Bina Upaya Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik

Indonesia tahun 2012. Peneliti menyarankan kepada pihak rumah sakit untuk memperbarui format dan menyederhanakan formulir rekam medis serta memperbanyak rekam medis elektronik.

Hal ini menunjukkan bahwa pengisian data rekam medis secara manual (lebih ke arah faktor kemalasan untuk mengisi data) dapat menyebabkan ketidaklengkapan informasi untuk pasien, informasi yang tidak lengkap dapat membahayakan pasien guna kepentingan diagnosis penyakitnya. Dengan sistem manual data rekam medis juga akan sulit untuk diintegrasikan ke departemen lain maupun pada sistem luar rumah sakit. Penelitian tersebut menurut penulis masih perlu dikembangkan berkaitan penerapan data rekam medis elektronik, selain itu menanggapi mengenai saran yang diberikan untuk memperbarui format dokumen dan menyederhanakan formulir, menurut penulis hal ini dapat memicu ketidak konsistenan data yang akan dihasilkan. Sebaiknya, saran yang lebih tepat untuk rumah sakit tersebut adalah sistem rekam medis elektronik yang memiliki standar baku, misalnya saja seperti *FHIR*, sehingga pengembangan sistem rekam medis elektronik akan lebih terstruktur.

Penelitian yang membahas masalah interoperabilitas sistem informasi kesehatan pada Rumah Sakit JIH Yogyakarta dilakukan oleh (Syauqie Muhammad Marier, 2018). Tujuan dari penelitian tersebut untuk mengetahui potensi pemanfaatan standar pertukaran *HL7* pada sebuah sistem rekam medis elektronik di rumah sakit. Peneliti melakukan proses *mapping* struktur data pada sistem rumah sakit terhadap standar *HL7 v2* dan *HL7 v3*. Tujuan dari *mapping* proses ini adalah mengidentifikasi variabel data yang dibutuhkan oleh standar

HL7 v2 dan HL7 v3 sudah terpenuhi atau belum khususnya untuk jenis data yang bersifat wajib diisi. Dari hasil penghitungan yang telah dilakukan oleh peneliti, untuk variabel yang wajib diisi sebanyak 100% sedangkan untuk variabel yang tidak wajib diisi sebanyak 18,6% artinya rumah sakit tersebut sudah siap untuk melakukan standarisasi data dengan *HL7 v2 dan HL7 v3*. Sistem yang sudah siap untuk dilakukan standarisasi adalah sistem pendaftaran pasien, sehingga sistem lain berpotensi untuk dibuatkan standarisasi data sesuai standar baku. Selain itu, dijelaskan bahwa dokter mengalami kesulitan memasukkan data rekam medis jika mengikuti standar format *HL7 v2* atau *HL7 v3*, pada akhirnya dokter membiarkan inputan yang seharusnya diisi dibiarkan kosong, dan dokter lebih suka mengisi dengan bahasa medis versi dokter. Kesulitan ini dikarenakan dokter harus mengetahui urutan dari setiap segment standar *HL7 v2 dan HL7 v3*, setiap segment dipisahkan dengan tanda | atau *pipe*.

Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah rumah sakit JIH berpotensi berhasil untuk menerapkan standarisasi data kesehatan dengan standar baku *HL7 v2* atau *HL7 v3* khususnya untuk sistem pendaftaran pasien.

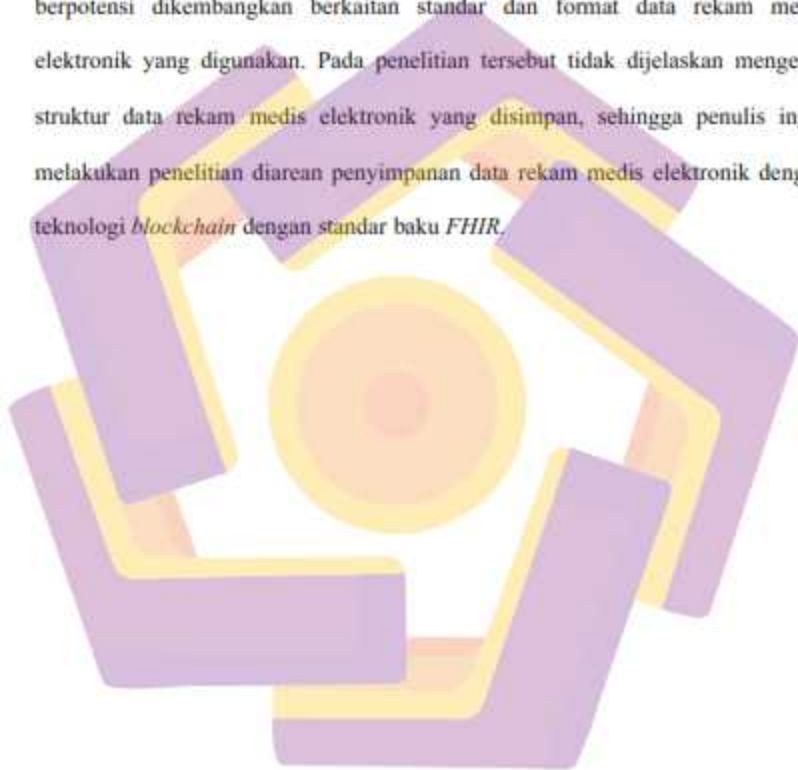
Penelitian tersebut masih dapat dilanjutkan terkait pembaruan standar baku yang digunakan yakni *FHIR*. Standar ini jauh lebih mudah diterapkan dan dibaca oleh pengguna, karena dikembangkan dengan pendekatan industri dan format data yang digunakan berupa xml atau json (HL7, 2021). Pada penelitian tersebut sistem yang dimiliki rumah sakit hanya untuk kebutuhan internal rumah sakit tersebut, sehingga akan dibutuhkan pengembangan *Web APIs* apabila sistem

rumah sakit ingin mengembangkan layanannya yang dapat diintegrasikan dengan sistem lain.

Penelitian yang membahas mengenai masalah interoperabilitas sistem informasi kesehatan adalah (Suresh Kumar Mukhiya dkk, 2019). Tujuan dari penelitian tersebut adalah membandingkan kemampuan pertukaran data kesehatan menggunakan pendekatan *GraphQL* dengan *REST API* yang berstandar *FHIR*. Hasil penelitian tersebut *GraphQL* jauh lebih efisien dalam memberikan respon data dengan ukuran paling kecil 1,59 kilobytes dan paling besar 4,34 kilobytes, sedangkan *REST API* response data dengan ukuran paling kecil 3,33 kilobytes dan paling besar 7,42 kilobytes. Penelitian ini memanfaatkan *SMART FHIR* untuk berkomunikasi dan menyimpan data resourcenya kedalam format *FHIR*. Berangkat dari pengalaman penelitian tersebut, maka penulis akan mengembangkan metode baru berkaitan media penyimpanan data rekam medis menggunakan teknologi *blockchain* dengan tetap memperhatikan standar baku *FHIR* dan *Web APIs* dengan pendekatan *GraphQL*. Selain itu penelitian berkaitan interoperabilitas sistem informasi kesehatan dengan pendekatan *GraphQL*, *FHIR* dan *Blockchain (BigchainDB)* belum penulis temukan di Indonesia, sehingga penelitian ini dapat dikatakan sebagai penelitian baru untuk kasus tersebut.

Penelitian yang menerapkan teknologi *blockchain* untuk rekam medis elektronik dilakukan oleh (Jin Sun dkk, 2020). Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk menjaga integritas dan keamanan data rekam medis elektronik. Penelitian tersebut menghasilkan sebuah sistem rekam medis elektronik dengan beberapa fitur seperti enkripsi data rekam medis elektronik, data rekam medis

elektronik yang dapat dipertukarkan ke sistem atau pengguna lain, pembacaan kembali data rekam medis yang telah dienkripsi dengan tetap memperhatikan kecepatan aksesnya, dan penyimpanan datanya menggunakan IPFS untuk desentralisasi datanya serta teknologi *blockchain*. Pada penelitian tersebut masih berpotensi dikembangkan berkaitan standar dan format data rekam medis elektronik yang digunakan. Pada penelitian tersebut tidak dijelaskan mengenai struktur data rekam medis elektronik yang disimpan, sehingga penulis ingin melakukan penelitian diarean penyimpanan data rekam medis elektronik dengan teknologi *blockchain* dengan standar baku *FHIR*.



2.2. Keaslian Penelitian

Tabel 2.1. Matriks literatur review dan posisi penelitian
 Analisis Interoperabilitas Sistem Informasi Kesehatan menggunakan Pendekatan GraphQL, FHIR, dan BigchainDB: Studi Kasus
 Perancangan Pengembangan Sistem Telemonitoring Pasien Covid-19 pada Sistem yang Berjalan

No	Judul	Peneliti, Media Publikasi, dan Tahun	Tujuan Penelitian	Kesimpulan	Saran atau Kelemahan	Perbandingan
1	Analysis of filling completion and facilities of medical records at Stella Maris Hospital in Makassar, Indonesia	Irwandy, Fadila Rizki, Noor Bahry Noor, Adellia U.A. Mangilep, Jurnal Enfermeria Clinica, 2020	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran lengkap pengisian rekam medis dan persepsi petugas kesehatan (dokter) terhadap fasilitas pada pasien rawat inap di RS Stella Maris Makassar.	Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aspek kelengkapan berkas rekam medis rawat inap menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 269/MENKES/PER/III/200811 yang paling tidak diisi yang mana? adalah identitas pasien dari 30 rekam medis (32,6%). Selanjutnya gambaran responden terhadap fasilitas dalam menunjang kelengkapan rekam medis yang ada masih tergolong kurang, yaitu sebanyak 28 responden mendukung tentang hal tersebut (53,8%). Disarankan agar Manajemen Rumah Sakit	Perlu dikembangkan berkaitan penerapan data rekam medis elektronik, selain itu menanggapi mengenai saran yang diberikan untuk memperbarui format dokumen dan menyederhanakan formulir, menurut penulis hal ini dapat memicu ketidak konsistenan data yang akan dihasilkan. Sebaiknya, saran yang lebih tepat untuk rumah sakit tersebut adalah sistem rekam medis elektronik yang memiliki standar baku, misalnya saja seperti	Perbedaan pada tujuan penelitian, pada penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kelengkapan pengisian rekam medis pasien rawat inap, sedangkan pada penelitian yang penulis lakukan dapat memberikan solusi rekam medis elektronik. Masalah yang diangkat pada penelitian tersebut berkaitan dengan data rekam medis manual / form, sedangkan pada penelitian yang penulis lakukan adalah mengembangkan dari sistem manual menjadi digital dengan standar baku FHIR, mengintegrasikan sistem informasi kesehatan dengan

Tabel 2.1. (Lanjutan)

				memperbarui format dan menyederhanakan formulir rekam medis serta memperbanyak rekam medis elektronik.	FHIR, sehingga pengembangan sistem rekam medis elektronik akan lebih terstruktur.	harapan ketidaklengkapan data dapat diminimalisir. Penelitian tersebut dapat penulis jadikan dasar untuk pengembangan sistem manual ke sistem digital.
2	Potensi Interoperabilitas Sistem Informasi Rumah Sakit untuk Penerapan Standar Pertukaran Data HL7	Syaugie, Muhammad Marier Program, Jurnal Sistem Informasi, 2018	Mengetahui potensi rumah sakit untuk mengembangkan standarisasi data kesehatan menggunakan HL7 v2 dan HL7 v3	Menghasilkan <i>mapping application</i> yang digunakan untuk proses analisis terkait kelengkapan data rekam medis untuk kebutuhan standar data HL7. Data yang bersifat wajib diisi untuk standarisasi kesehatan harus terpenuhi 100%. Rumah Sakit JIH berpotensi untuk dikembangkan standarisasi data khususnya pada sistem pendaftaran.	Saran untuk penelitian tersebut, sebaiknya standar data kesehatan yang digunakan menggunakan standar terbaru (FHIR)	Penelitian tersebut dapat digunakan sebagai pijakan untuk melanjutkan penelitian yang akan dilakukan penulis. Perbedaan dari penelitian sebelumnya mengenai standar pertukaran yang digunakan, yaitu menggunakan FHIR.
3	A GraphQL Approach to Healthcare Information Exchange with HL7 FHIR	Suresh Kumar Mukhiya, Fazle Rabbiab, Violet Ka I Punax, Adrian Rutle, Yngve Lamo,	Pendekatan GraphQL untuk pertukaran informasi kesehatan dengan HL7 FHIR. Selain itu peneliti juga melakukan analisis perbandingan	Interoperabilitas dalam sistem informasi kesehatan dapat dicapai dengan standar FHIR yang mendukung pendekatan GraphQL atau RESTful. GraphQL lebih efisien jika dibandingkan dengan RESTful. Dihasilkan sebuah algoritma transformasi yang	Peneliti menyampaikan masih ada kekurangan terkait duplikasi skema dengan algoritma yang dikembangkan. Perlu adanya dashboard monitoring untuk tenaga medis. Penelitian tersebut masih bisa	Pendekatan GraphQL dan FHIR akan dipertahankan pada penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, karena pendekatan GraphQL dinilai lebih efektif efisien untuk pertukaran informasi kesehatan merujuk pada hasil penelitian sebelumnya.

Tabel 2.1. (Lanjutan)

		Jurnal Procedia Computer Science, 2019	kemampuan GraphQL dan RESTful.	mengambil definisi HL7 FHIR sebagai input dan menghasilkan skema GraphQL sebagai response.	dikembangkan untuk menghasilkan algoritma baru yang digunakan untuk mengintegrasikan sebuah sistem informasi yang sudah berjalan dan memiliki standar yang berbeda dengan FHIR.	Kemudian penulis akan menambahkan algoritma baru untuk sumber data yang berasal dari basis data seperti MySQL atau PostgreSQL dengan tujuan akhirnya data tersebut dapat disimpan dalam sebuah basis data dengan standar FHIR. Selain itu penulis juga akan menambahkan teknologi blockchain dalam sebuah basis data FHIR.
4	Blockchain-Based Secure Storage and Access Scheme for Electronic Medical Records in IPFS	Jin Sun, Xiaomin Yao, Shangping Wang, Ying Wu, Jurnal IEEE Access, 2020	Tujuan utama pada penelitian ini adalah membuat sebuah sistem penyimpanan data rekam medis elektronik yang aman dan mampu menjaga integritas datanya. Sistem tersebut menggabungkan teknologi blockchain, enkripsi data dan menyimpan data	Menghasilkan sebuah sistem penyimpanan data rekam medis elektronik yang menerapkan enkripsi terhadap atribut data, teknologi blockchain dan penyimpanan IPFS untuk desentralisasinya.	Disampaikan oleh peneliti untuk kekurangan sistemnya adalah berkaitan dengan hak akses pengguna, masalah expired date pengguna. Menurut penulis penelitian tersebut masih bisa dikembangkan untuk tingkat yang lebih tinggi. Penulis menyarankan berkaitan basis data yang digunakan untuk menyimpan data rekam	Perbedaan penelitian tersebut dengan penelitian yang penulis lakukan, diantaranya adalah tujuan penelitian. Fokus pada penelitian tersebut adalah membuat sistem keamanan data rekam medis elektronik yang tela dienkripsi dan untuk menjaga integritas data rekam medis elektronik. Sedangkan penelitian yang dilakukan penulis adalah proses interoperabilitas sistem, menerapkan standar data kesehatan FHIR dalam

Tabel 2.1. (Lanjutan)

			<p>medis elektronik terenkripsi dalam Sistem File InterPlanetary (IPFS) terdesentralisasi untuk menjaga data rekam medis elektronik tetap terjaga (integritas data) sebagai solusi kegagalan sistem data terpusat.</p>		<p>medis elektronik sebaiknya menggunakan suatu standar data kesehatan seperti FHIR.</p>	<p>penyimpanan basis data dan juga GraphQL..</p>
5	<p>Learning HL7 FHIR Using the HAPI FHIR Server and Its Use in Medical Imaging with the SIIM Dataset</p>	<p>Mohannad A. Hussain, Steve G. Langer, Marc Kohli, Jurnal Journal of Digital Imaging, 2018</p>	<p>Menjelaskan keunggulan standar pertukaran data FHIR kepada pengguna yang belum terbiasa dengan FHIR menggunakan HAPI FHIR dan Dataset SIIM</p>	<p>HAPI FHIR dapat digunakan oleh pengembang sistem informasi kesehatan untuk memulai mempelajari standar pertukaran data kesehatan FHIR dengan mengeksplorasi sumber daya yang telah disediakan.</p>	<p>HAPI FHIR menggunakan basis data yang masih RDBMS (Oracle 11g, 11g RAC, DB2 9.7 atau dibawahnya, SQL Server 2008, Sybase ASE 15.5, MySQL 5.1.5.5, PostgreSQL 8.4.9.1), beberapa versi basis data yang digunakan adalah versi lama, sebaiknya perlu di update penggunaan basis datanya. Sebaiknya memulai</p>	<p>Perangkat FHIR yang digunakan pada penelitian ini tidak digunakan pada penelitian penulis. Penulis mencoba bereksperimen untuk membuat penyimpanan baru menggunakan BigchainDB untuk membuat desentralisasi data supaya data rekam medis elektronik tidak mudah hilang. HAPI FHIR menggunakan pendekatan REST API, sedangkan penelitian yg dilakukan penulis akan menggunakan pendekatan GraphQL untuk</p>

Tabel 2.1. (Lanjutan)

					memikirkan penyimpanan menggunakan teknologi bigdata yang terdesentralisasi untuk menjaga integritas data rekam medis elektronik.	Web APIs-nya.
6	Enabling Better Interoperability for HealthCare: Lessons in Developing a Standards Based Application Programming Interface for Electronic Medical Record Systems	Journal of Medical Systems	Menggunakan standar FHIR kedalam sistem EMR untuk menggantikan standar lama HL7 v2 dan HL7 v3	Metode FHIR (SMART FHIR) dapat diterapkan pada sistem EMR (OpenMRS)	Basis data yang digunakan menggunakan transaksional, tetapi tidak dijelaskan secara detail jenis basis data yang digunakan dalam pembuatan REST API	Penelitian tersebut menggunakan database transaksional untuk penyimpanan datanya, sementara penelitian yang peneliti lakukan menggunakan No SQL. Metode analisis menggunakan aplikasi OpenMRS dan SMART FHIR, sementara peneliti menggunakan OpenEMR (<i>distributed database</i>), Medis247 (<i>bigdata platform</i>) sebagai perbandingannya

2.3. Landasan Teori

2.3.1. Pengumpulan Data

Populasi adalah wilayah generalisasi objek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Penentuan populasi merupakan tahapan penting dalam penelitian. Populasi dapat memberikan informasi atau data yang berguna bagi suatu penelitian (Sugiyono, 2017). Populasi dalam penelitian ini adalah dataset pasien Covid-19 yang diperoleh peneliti pada 17 Juni 2021 sebesar 983 pasien (AlforCOVID, 2021). Kemudian untuk mendapatkan data-data nama pasien, peneliti menggunakan data dari RS Jantung Harapan Kita yang diperoleh peneliti pada tahun 2018. Data dari RS Jantung Harapan Kita tidak akan peneliti bagikan atau sajikan pada penelitian ini secara transparan, tetapi beberapa informasi penting akan disamarkan. Data dokter yang digunakan akan dibuat sendiri oleh peneliti yang telah disesuaikan struktur dan format datanya berdasarkan FHIR dengan jumlah 20 data dokter.

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi. Sampel dilakukan karena peneliti memiliki keterbatasan dalam melakukan penelitian baik dari segi waktu, tenaga, dana dan jumlah populasi yang sangat banyak. Maka peneliti harus mengambil sampel yang benar-benar representatif/ dapat mewakili (Sugiyono, 2017). Penentuan sampel pada penelitian menggunakan teknik simple random sampling, yakni memilih 100, 200, 300, 400, 500 data pasien dan 5, 10, 15, 20 data dokter secara acak tanpa memperhatikan strata data dari populasi (Sugiyono, 2017).

2.3.2. Rekam Medis

Rekam medis merupakan berkas yang berisikan catatan dan dokumen tentang identitas pasien, pemeriksaan, pengobatan, tindakan dan pelayanan lain kepada pasien pada sarana pelayanan kesehatan (Carolina Saragih, dkk, 2020). Kemudian diperbaharui dengan PERMENKES No: 269/MENKES/PER/III/2008 yang dimaksud rekam medis adalah berkas yang berisi catatan dan dokumen antara lain identitas pasien, hasil pemeriksaan, pengobatan yang telah diberikan, serta tindakan dan pelayanan lain yang telah diberikan kepada pasien. Rekam medis dapat digunakan sebagai salah satu alat bukti tertulis di pengadilan. Tenaga kesehatan yang tidak membuat rekam medis selain mendapat sanksi hukum juga dapat dikenakan sanksi disiplin dan etik sesuai dengan UU Praktik Kedokteran, Peraturan KKI, Kode Etik Kedokteran Indonesia (KODEKI) dan Kode Etik Kedokteran Gigi Indonesia (KODEKGI).

2.3.3. Rekam Medis Elektronik

Rekam medis elektronik adalah sistem informasi kesehatan berbasis komputerisasi yang menyediakan dengan rinci catatan tentang data demografi pasien, riwayat kesehatan, alergi, dan riwayat hasil pemeriksaan laboratorium serta beberapa diantaranya juga dilengkapi dengan sistem pendukung keputusan (Ludwick & Doucette, 2009). Rekam medis elektronik menawarkan kemampuan bagi penyelenggara pelayanan kesehatan untuk menyimpan dan saling berbagi informasi kesehatan tanpa bergantung pada dokumen berbasis kertas (Ross, 2009).

Penggunaan rekam medis elektronik pada pelayanan rawat jalan direkomendasikan sebagai metode untuk mengurangi kesalahan, meningkatkan

kualitas pelayanan kesehatan, serta mengurangi pembiayaan (Goodman, 2005). Dengan direkomendasikannya penggunaan rekam medis elektronik, banyak penyelenggara pelayanan kesehatan mengimplementasikan rekam medis elektronik sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas pelayanan, meningkatkan kepuasan pasien, dan mengurangi medical errors (Schenarts & Schenarts, 2012).

2.3.4. Sistem Informasi Kesehatan

Sistem Informasi Kesehatan (SIK) merupakan perpaduan antara perangkat dan prosedur dalam mengelola perputaran informasi, dimulai dari penghimpunan data sampai penerimaan umpan balik informasi yang diberikan dengan tujuan terciptanya tindakan yang saksama dalam perencanaan, pelaksanaan maupun kontrol kapasitas sistem kesehatan (Santy Irene Putri dan Prima Soultoni Akbar, 2019). Dengan demikian, SIK merupakan suatu penggabungan instrumen, langkah, serta kebijakan yang dimanfaatkan dalam menyelenggarakan proses informasi secara terstruktur agar pengelolaan manajemen kesehatan dapat dilaksanakan secara terstruktur dan komprehensif sebagai bentuk pemberian layanan kesehatan kepada masyarakat.

Berikut beberapa pengertian sistem informasi kesehatan menurut (Santy Irene Putri dan Prima Soultoni Akbar, 2019):

- a. Sistem informasi kesehatan adalah prosedur yang dimulai dari penghimpunan data, penggarapan data, pengkajian dan transfer informasi yang diperlukan untuk mengelola dan mengendalikan yankes serta digunakan untuk keperluan penelitian serta untuk pelatihan.

b. Sistem informasi kesehatan merupakan beberapa unsur dan langkah yang terpola bertujuan untuk memproduksi informasi dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan tata laksana yankes pada masing-masing tahap sistem kesehatan.

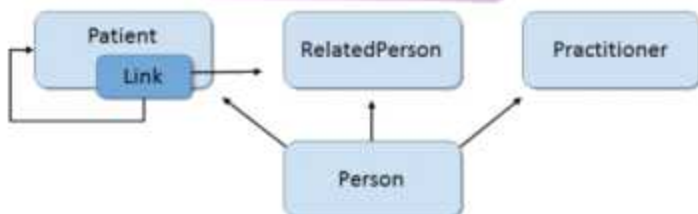
c. Sistem informasi kesehatan yakni suatu sistem yang tersusun atas data, informasi, parameter, langkah-langkah, peranti, teknologi, dan sumber daya manusia yang saling berhubungan dan dikendalikan secara sistematis sebagai bahan pertimbangan dalam mengambil keputusan yang bermanfaat dalam mendukung pembangunan kesehatan, yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 46 Tahun 2014 Tentang Sistem Informasi Kesehatan.

Tujuan dari pengembangan sistem informasi kesehatan secara umum adalah sebagai berikut (Santy Irene Putri dan Prima Soultani Akbar, 2019):

- a. Mempersiapkan informasi yang berkualitas, informasi tersebut harus memiliki kriteria seperti, kredibel, faktual, tepat waktu dan signifikan. Kriteria tersebut merupakan pilar informasi.
- b. Meminimalkan terjadinya duplikasi data.
- c. Meningkatkan keamanan data.
- d. Mempersiapkan fasilitas untuk berinteraksi secara sederhana.
- e. Mempersiapkan akses agar seluruh pemangku kepentingan dapat dengan mudah memperoleh informasi.
- f. Memelihara integrasi data.

2.3.5. FHIR

FHIR merupakan standarisasi pertukaran data kesehatan yang dikembangkan oleh HL7. HL7 merupakan versi ke 4 dari standar data yang telah dikembangkan untuk menyempurnakan versi 2 dan versi 3. Standar ini sudah banyak digunakan diberbagai negara bagian Amerika Serikat, Eropa, Canada dan beberapa di wilayah Asia dan Australia. Total pengguna FHIR sebesar 38 negara di seluruh dunia. FHIR memberikan penjelasan secara detail mengenai struktur data, tipe data, hubungan antar data dan aturan-aturan lain harus dipenuhi dalam perancangan sebuah basis data kesehatan, yang selanjutnya akan disimpan dan digunakan pada sistem kesehatan. Selain struktur data dan format data, standar pertukaran data juga dijelaskan secara lengkap, yaitu pengembang dapat menggunakan format JSON atau XML. Metode pertukaran data yang digunakan juga telah diatur, ingin menggunakan pendekatan Rest API atau menggunakan pendekatan GraphQL (HL7 FHIR, 2021) (Tim Benson, Grahame Grieve, 2021). Pada FHIR juga diatur mengenai bisnis proses yang sebaiknya dilakukan pada sebuah sistem kesehatan, sebagai contoh pendaftaran pasien. Gambar 2.1. menunjukkan mekanisme atau alur pendaftaran pasien yang sudah diatur pada FHIR.



Gambar 2.1. Alur pendaftaran pasien pada FHIR

Penjelasan dari Gambar 2.1., *Person* merupakan demografi dan informasi administratif tentang seseorang yang independen. Entitas ini merupakan entitas utama yang dapat digunakan sebagai pusat data seseorang yang mungkin terlibat pada proses perawatan. Dan pada kasus lain data ini biasanya terpisah dari sistem kesehatan (dianggap sebagai eksternal sistem/data). *Patient* merupakan demografi dan informasi administratif lainnya tentang individu atau hewan yang mendapatkan perawatan kesehatan atau layanan terkait kesehatan lainnya. *RelatedPerson* merupakan seseorang yang terlibat pada perawatan kesehatan pasien, juga bukan target dari perawatan kesehatan dan tidak memiliki tanggung jawab formal terhadap proses perawatan pasien.

Struktur data dan penjelasan mendalam mengenai resource pada FHIR dapat dilihat pada Tabel 2.1., Tabel 2.2., Tabel 2.3., Tabel 2.4., dan Tabel 2.5.

Tabel 2.2. Struktur data dan deskripsi Sumber daya *Person*

Nama	Kardinalitas	Tipe	Deskripsi & Konstrin
Person		Domain Resource	Catatan orang umum. Elemen yang didefinisikan: id, meta, id, meta, implicitRules, language, text, contained, extension, modifierExtension
identifier	0..*	Identifier (Array Json)	Pengidentifikasi untuk orang tersebut
name	0..*	HumanName (Array Json)	Nama yang terkait dengan orang tersebut
telecom	0..*	ContactPoint	Detail kontak orang tersebut
gender	0..1	code (String)	male female other unknown
birthDate	0..1	date (String)	Tanggal lahir orang tersebut

Tabel 2.2. (Lanjutan)

address	0..*	Address (Array Json)	Satu atau lebih alamat untuk orang tersebut
photo	0..1	Attachment (Json object)	Gambar orang tersebut
managingOrganization	0..1	Reference (Json object)	Organisasi pemilik data orang tersebut
active	0..1	Boolean	Catatan orang ini sedang digunakan secara aktif
link	0..*	Reference	Tautan ke resource orang yang berkaitan dengan orang yang sebenarnya sama
target	1..1	Reference (Patient Practitioner RelatedPerson)	Sumber daya yang terkait dengan orang sebenarnya
assurance	0..1	code (String)	level1 level2 level3 level4

Tabel 2.3. Struktur data dan deskripsi Sumber daya *Patient*

Nama	Kardinalitas	Tipe	Deskripsi & Konstrain
Patient		Domain Resource	Informasi mengenai seseorang atau hewan yang menerima layanan perawatan kesehatan
identifier	0..*	Identifier (Array Json)	Pengidentifikasi untuk pasien tersebut
active	0..1	boolean	Apakah catatan pasien ini digunakan secara aktif
name	0..*	HumanName (Array Json)	Nama yang terkait dengan pasien
telecom	0..*	ContactPoint (Array Json)	Detail kontak untuk pasien tersebut

Tabel 2.3. (Lanjutan)

gender	0..1	code	male female other unknown
birthDate	0..1	date	Tanggal lahir pasien
deceased	0..1		Menunjukkan pasien tersebut telah meninggal atau belum
deceasedBoolean		boolean	
deceasedDateTime		dateTime	
address	0..*	Address (Array Json)	Alamat dari pasien tersebut
maritalStatus	0..1	CodeableConcept	Status perkawinan pasien
multipleBirth	0..1		Apakah pasien bagian dari kelahiran ganda
multipleBirthBoolean		boolean	
multipleBirthInteger		integer	
photo	0..*	Attachment (Array Json)	Gambar foto dari pasien
contact	0..*	BackboneElement	Pihak yang dapat dihubungi (misalnya wali, pasangan, teman) untuk pasien
relationship	0..*	CodeableConcept	Jenis hubungan
name	0..1	HumanName (Json)	Nama yang terkait kontak person
telecom	0..*	ContactPoint (Array Json)	Detail kontak untuk orang tersebut
address	0..1	Address (Json)	Alamat kontak untuk orang tersebut
gender	0..1	code	male female other unknown
organization	0..1	Reference (Json)	Organisasi yang terkait dengan kontak
period	0..1	Period	Rentang waktu selama orang / organisasi dapat dihubungi secara sah

Tabel 2.3. (Lanjutan)

communication	0..*	BackboneElement	Bahasa yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan pasien tentang kesehatannya
language	1..1	CodeableConcept	Bahasa yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan pasien tentang kesehatannya
preferred	0..1	boolean	Indikator preferensi bahasa
generalPractitioner	0..*	Reference (Organization Practitioner)	Penyedia perawatan primer yang ditunjuk pasien
managingOrganization	0..1	Reference (Organization)	Organisasi penjaga catatan pasien
link	0..*	BackboneElement	Tautan ke sumber pasien lain yang sebenarnya adalah orang yang sama
other	1..1	Reference (Patient RelatedPerson)	Pasien atau orang terkait yang dirujuk oleh tautan tsb
type	1..1	code	replaced-by replaces refer seealso

Tabel 2.4. Struktur data dan deskripsi Sumber daya *Practitioner*

Nama	Kardinalitas	Tipe	Deskripsi & Konstrain
Practitioner		Domain Resource	Seseorang yang bertanggung jawab dalam penyediaan layanan kesehatan

Tabel 2.4. (Lanjutan)

identifier	0..*	Identifier (Array Json)	Pengidentifikasi untuk orang tersebut
active	0..1	boolean	Apakah catatan praktisi ini digunakan secara aktif
name	0..*	HumanName (Array Json)	Nama yang terkait dengan praktisi
telecom	0..*	ContactPoint (Array Json)	Detail kontak untuk praktisi tersebut
address	0..*	Address (Array Json)	Alamat dari practitioner tersebut (biasanya rumah)
gender	0..1	code	male female other unknown
birthDate	0..1	date	Tanggal lahir pasien
photo	0..*	Attachment (Array Json)	Gambar foto dari pasien
qualification	0..*	BackboneElement	Sertifikasi, lisensi atau pelatihan yang berkaitan dengan penyediaan perawatan
identifier	0..*	Identifier	Pengidentifikasi kualifikasi ini
code	1..1	CodeableConcept	
period	0..1	Period	Periode selama kualifikasi berlaku
issuer	0..1	Reference (Organization)	Organisasi yang mengatur dan mengeluarkan kualifikasi
communication	0..*	CodeableConcept	Bahasa yang digunakan untuk berkomunikasi dengan pasien

Tabel 2.5. Struktur data dan deskripsi Sumber daya *Device*

Nama	Kardinalitas	Tipe	Deskripsi & Konstrain
Device		Domain Resource	Barang yang digunakan dalam perawatan kesehatan
identifier	0..*	Identifier (Array Json)	Pengidentifikasi instan
definition	0..1	Reference (Device Definition)	Referensi untuk definisi perangkat
udiCarrier	0..*	BackboneElement	Uniqe Device Identifier (UDI) Barcode String
deviceIdentifier	0..1	string	<i>Mandatory fixed portion of UDI</i>
issuer	0..1	uri	Organisasi penerbit UDI
jurisdiction	0..1	uri	Otoritas UDI Daerah
carrierAIDC	0..1	base64Binary	String kode batang yang dapat dibaca mesin UDI
carrierHRF	0..1	string	String kode batang yang dapat dibaca manusia
entryType	0..1	code	barcode rfid manual card self reported unknown
status	0..1	code	active inactive entered-in-error unknown
statusReason	0..*	CodeableConcept	online paused standby offline not-ready tranduc-discon hw-discon off
distinctIdentifier	0..1	string	Identifikasi yang unik
manufacturer	0..1	string	Nama produsen perangkat
manufactureDate	0..1	dateTime	Tanggal saat perangkat dibuat
expirationDate	0..1	dateTime	Tanggal dan waktu kadaluarsa alat ini (jika berlaku)
lotNumber	0..1	string	Banyak jumlah manufaktur

Tabel 2.5. (Lanjutan)

serialNumber	0..1	string	Nomor seri yang ditetapkan oleh pabrikan
deviceName	0..*	BackboneElement	Nama perangkat yang diberikan pabrikan
name	1..1	string	Nama perangkatnya
type	1..1	code	udi-label-name user-friendly-name patient-reported-name manufacturer-name model-name other
modelNumber	0..1	string	Nomor model untuk perangkat
partNumber	0..1	string	Nomor bagian perangkat
type	0..1	CodeableConcept	Jeni atau tipe perangkat
specialization	0..*	BackboneElement	Kemampuan yang didukung perangkat, standar yang sesuai dengan perangkat untuk tujuan tertentu, dan digunakan untuk komunikasi
systemType	1..1	CodeableConcept	Standar yang digunakan untuk mengoperasikan dan komunikasi
version	0..1	string	Versi standar yang digunakan untuk mengoperasikan dan komunikasi
version	0..*	BackboneElement	Desain sebenarnya atau versi perangkat lunak yang berjalan di perangkat
type	0..1	CodeableConcept	Jenis versi perangkat
component	0..1	identifier	Satu komponen dari versi perangkat
value	1..1	string	Teks versi
property	0..*	BackboneElement	Pengaturan konfigurasi perangkat saat benar-benar beroperasi, misalnya status regulasi, properti waktu

Tabel 2.5. (Lanjutan)

type	1..1	CodeableConcept	Kode yang menentukan properti <i>DeviceDefinitionCode</i> (dapat diperpanjang)
valueQuantity	0..*	Quantity	Nilai properti sebagai kuantitas
valueCode	0..*	CodeableConcept	Nilai properti sebagai kode, misalnya NTP4 (disinkronkan ke NTP)
patient	0..1	Reference (Patient)	Pasien yang mengenakan perangkat
owner	0..1	Reference (Organization)	Organisasi yang bertanggung jawab atas perangkat
contact	0..*	ContactPoint	Detail kontak untuk manusia / organisasi sebagai dukungan
location	0..1	Reference (Location)	Di mana perangkat dapat ditemukan
url	0..1	uri	Alamat jaringan untuk menghubungkan/ menggunakan perangkat
note	0..*	Annotation	Catatan dan komentar perangkat
safety	0..*	CodeableConcept	Karakteristik keamanan perangkat
parent	0..1	Reference (Device)	Perangkat induk

Tabel 2.6. Struktur data dan deskripsi Sumber daya *Observation*

Nama	Kardinalitas	Tipe	Deskripsi & Konstrain
Observation		Domain Resource	Pengukuran dan pernyataan sederhana
identifier	0..*	Identifier (Array Json)	Pengidentifikasi bisnis untuk observasi

Tabel 2.6. (Lanjutan)

baseOn	0..*	Reference (CarePlan DeviceRequest ImmunizationRecommendation MedicationRequest NutritionOrder ServiceRequest)	Memenuhi rencana, proposal atau pesanan
partOf	0..*	Reference (MedicationAdministration MedicationDispense MedicationStatement Procedure Immunization ImagingStudy)	Bagian dari yang dirujuk
status	1..1	code	registered preliminary final amended corrected cancelled entered-in-error unknown
category	0..*	CodeableConcept	Klasifikasi jenis observasi
code	1..1	CodeableConcept	Tipe observasi
subject	0..1	Reference (Patient Group Device Location)	Tentang siapa dan apa observasi tersebut
focus (TU)	0..*	Reference (Any)	Tentang apa observasi tersebut, jika tidak terkait dengan subyek
encounter	0..1	Reference (Encounter)	Layanan perawatan kesehatan selama observasi ini dilakukan
effective	0..1		Waktu / periode waktu yang relevan secara klinis untuk observasi
effectiveDateTime		dateTime	
effectivePeriod		Period	
effectiveTiming		Timing	
effectiveInstant		Instant	

Tabel 2.6. (Lanjutan)

issued	0..1	Instant	Tanggal / waktu versi ini tersedia
performer	0..*	Reference (Practitioner PractitionerRole Organization CareTeam Patient RelatedPerson)	Siapa penanggung jawab atas pengamatan
value	0..1		Hasil yang sebenarnya
valueQuantity		Quantity	
valueCodeableContent		CodeableContent	
valueString		string	
valueBoolean		boolean	
valueInteger		integer	
valueRange		Range	
valueRatio		Ratio	
valueSampledData		SampledData	
valueTime		time	
valueDateTime		dateTime	
valuePeriod		Period	
dataAbsentReason	0..1	CodeableConcept	Mengapa hasilnya hilang
interpretation	0..*	CodeableConcept	high low normal, dll
note	0..*	Annotation	Komentar tentang pengamatan
bodySite	0..1	CodeableConcept	Bagian tubuh yang diamati
method	0..1	CodeableConcept	Bagaimana pengamatan dilakukan
specimen	0..1	Reference (Specimen)	Spesimen yang digunakan untuk pengamatan
device	0..1	Reference (Device DeviceMetric)	Pengukuran perangkat
referenceRange	0..*	BackboneElement	Memberikan panduan untuk interpretasi
low	0..1	SimpleQuantity	Rentang rendah, jika relevan
high	0..1	SimpleQuantity	Rentang tinggi, jika relevan

Tabel 2.6. (Lanjutan)

type	0..1	CodeableConcept	Kualifikasi tentang referensi
appliesTo	0..*	CodeableConcept	Populasi rentang referensi
age	0..1	Range	Rentang usia yang berlaku, jika relevan
text	0..1	string	Rentang referensi berbasis teks dalam pengamatan
hasMember	0..*	Reference (Observation QuestionnaireResponse MolecularSequence)	Sumber daya terkait yang dimiliki oleh group observasi
derivedFrom	0..*	Reference (DocumentReference ImagingStudy Media QuestionnaireResponse Observation MolecularSequence)	Pengukuran terkait pengamatan, dibuat dari
component	0..*	BackboneElement	Hasil komponen
code	1..1	CodeableConcept	Jenis komponen pengamatan (kode/tipe)
value	0..1		Hasil komponen aktual
valueQuantity		Quantity	
valueCodeableConcept		CodeableConcept	
valueString		string	
valueBoolean		boolean	
valueInteger		integer	
valueRange		Range	
valueRatio		Ratio	
valueSampledData		SampledData	
valueTime		time	
valueDateTime		dateTime	
valuePeriod		Period	
dataAbsentReason	0..1	CodeableConcept	Mengapa hasil komponen bisa hilang

Tabel 2.6. (Lanjutan)

interpretation	0..*	CodeableConcept	high low normal, dll
referenceRange	0..*	Reference	

Tabel 2.2., Tabel 2.3., Tabel 2.4., Tabel 2.5., dan Tabel 2.6. menjelaskan mengenai struktur data dari beberapa *resource* / entitas yang telah diatur oleh FHIR. Kardinalitas 0..* memberikan informasi bahwa data ini dapat diartikan sebagai data pilihan yang tidak wajib diisi, akan tetapi jika ingin mengisi, jumlah data yang diisikan boleh lebih dari satu. Kardinalitas 0..1 memberikan informasi bahwa data ini dapat diartikan sebagai data pilihan yang tidak wajib diisi, apabila ingin mengisi maksimal isian adalah 1 data. Kardinalitas 1..1 merupakan data yang harus diisi dengan maksimal data adalah 1. Pada tipe ada beberapa yang mencerminkan tipe data pada umumnya, seperti *string*, *integer*, *date*, *datetime*. Selanjutnya, terdapat beberapa tipe yang menjadi standar dari FHIR, misalnya *code*, *codeableconcept*, *reference*, *identifier*, *human name*, *contact point*, *language*, *annotation*, *quantity*, dst. Format data yang digunakan tersebut merupakan struktur standar yang diberikan oleh FHIR. Tipe-tipe ini beberapa ada yang memiliki format *JSON object* atau ada juga yang berupa *Array Object* dengan penamaan *key* pada *JSON* yang telah ditentukan. Dari penjelasan di atas, maka struktur data dari beberapa *resource* akan digunakan sebagai panduan dalam pembuatan rancangan basis data pada penelitian ini, khususnya untuk basis data NoSQL.

Mekanisme pertukaran data pada *FHIR* menggunakan *WebAPIs*, dimana ada 2 cara yang dapat digunakan. Pendekatan menggunakan REST API dan

GraphQL. Pendekatan dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan dari sistem yang akan dibuat. Secara umum pendekatan REST API lebih banyak digunakan oleh beberapa penyedia layanan FHIR, seperti HAPI, Smart FHIR, Redox Engine, Medis247. Aturan pembuatan Web APIs dengan pendekatan REST API dapat dilihat pada Tabel 2.6. dan Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Aturan REST API pada FHIR

URL	Keterangan
OPERATION [base]/[type]/[id] {?_format=[mime-type]}	
base	Service root url (http(s)://server{/path})
mime-type	Mime type
type	Nama dari resource, sebagai contoh <i>Patient</i>
id	ID dari resource

Tabel 2.8. Ringkasan REST API pada FHIR

URL	Keterangan
OPERATION [base]/[type]/[id] {?_format=[mime-type]}	
base	Service root url (http(s)://server{/path})
mime-type	Mime type
type	Nama dari resource, sebagai contoh <i>Patient</i>
id	ID dari resource

Dari Tabel 2.7. dan Tabel 2.8., peneliti akan menggunakannya sebagai panduan pembuatan Web APIs, pada penelitian ini dan berfokus pada operasi *read*, *update*, *delete*, dan *create*. Kemudian response dari masing-masing resource menggunakan format JSON yang telah ditentukan berdasarkan struktur data. Sebagai contoh response untuk resource *Patient*, dapat dilihat pada Gambar 2.2.

```

{
  "resourceType": "Patient",
  // from Resource: id, meta, implicitRules, and language
  // from DomainResource: text, contained, extension, and modifierExtension
  "identifier": [ { Identifier } ], // An identifier for this patient
  "active": <boolean>, // whether this patient's record is in active use
  "name": [ { Name } ], // A name associated with the patient
  "telecom": [ { ContactPoint } ], // A contact detail for the individual
  "gender": "codes", // male | female | other | unknown
  "birthdate": "date", // the date of birth for the individual
  // deceased[<boolean>]: Indicates if the individual is deceased or not. One of these 2:
  "deceasedBoolean": <boolean>,
  "deceasedDate": "dateTime",
  "address": [ { Address } ], // An address for the individual
  "maritalStatus": [ { CodeableConcept } ], // Marital (civil) status of a patient
  // multipleBirth[<boolean>]: whether patient is part of a multiple birth. One of these 2:
  "multipleBirthBoolean": <boolean>,
  "multipleBirthInteger": <integer>,
  "photo": [ { Attachment } ], // Image of the patient
  "contact": [ { // A contact party (e.g. guardian, partner, friend) for the patient
    "relationship": [ { CodeableConcept } ], // the kind of relationship
    "name": [ { Name } ], // A name associated with the contact person
    "telecom": [ { ContactPoint } ], // A contact detail for the person
    "address": [ { Address } ], // Address for the contact person
    "gender": "codes", // male | female | other | unknown
    "organization": [ { Reference(Organization) } ], // CE organization that is associated with the contact
    "period": [ { Period } ], // The period during which this contact person or organization is valid to be contacted relating to this patient
  } ],
  "communication": [ { // A language which may be used to communicate with the patient about his or her health
    "language": [ { CodeableConcept } ], // NI: The language which can be used to communicate with the patient about his or her health
    "preferred": <boolean> // language preference indicator
  } ],
  "generalPractitioner": [ { Reference(Organization|Practitioner|PractitionerRole) } ], // patient's usual/care primary care provider
  "managingOrganization": [ { Reference(Organization) } ], // organization that is the custodian of the patient record
  "link": [ { // link to another patient resource that concerns the same actual person
    "other": [ { Reference(Patient|RelatedPerson) } ], // NI: the other patient or related person whom the link refers to
    "type": "codes" // NI: replaced-by | replaces | refer | besides
  } ],
}

```

Gambar 2.2. Contoh response Sumber Daya *Patient*

Selanjutnya aturan pembuatan Web APIs dengan pendekatan GraphQL dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Standar URL GraphQL pada FHIR

Standar URL GraphQL	Standar URL GraphQL pada FHIR
[base]/\$graphql	[base]/[Type]/[id]/\$graphql

Aturan GraphQL pada FHIR mengacu pada standar GraphQL, perbedaan mendasar hanya pada *endpoint* atau url server yang diberikan. Response terkait resource juga memiliki kesamaan dengan REST API, hanya saja pada GraphQL

dapat menentukan jumlah data atau jenis data yang ingin digunakan, sesuai kebutuhan dari sistemnya.

2.3.6. GraphQL

GraphQL merupakan cara baru untuk melakukan *query* ke dalam sebuah Web APIs. GraphQL akan mendefinisikan secara lengkap terkait request dan response yang ingin digunakan oleh klien. Tujuan dari GraphQL sendiri adalah memudahkan klien untuk menggunakan response dari suatu request dalam Web APIs, sesuai dengan kebutuhannya. Response yang dapat menyesuaikan kebutuhan ini dapat meningkatkan kecepatan untuk mendapatkan data. GraphQL cocok digunakan dalam sistem berbasis FHIR, dimana data dari tiap-tiap resource sangat banyak dan kompleks. (GraphQL, HL7 FHIR)

Adanya GraphQL diharapkan dapat memudahkan klien untuk mendapatkan data-data kesehatan sesuai dengan kebutuhan aplikasi atau sistem yang menggunakannya. Kontrol data yang dibutuhkan oleh klien tidak perlu lagi dikerjakan dari sisi server secara berulang (data yang diberikan sesuai dengan deskripsi pada GraphQL yang telah ditentukan sesuai format FHIR).

2.3.7. BigchainDB

BigchainDB merupakan teknologi baru dalam penyimpanan basis data. Teknologi ini menggunakan pendekatan NoSQL (MongoDB versi enterprise) dan desentralisasi data (blockchain) menggunakan Tendermint. Dengan pendekatan tersebut, BigchainDB cocok digunakan untuk menyimpan data dengan ukuran yang besar (*big data*), maupun data dengan lingkup yang kecil (*small data*). Hal yang lebih penting lagi dari teknologi ini adalah kekekalan data (BigchainDB,

2021). Hal ini tentunya sangat baik digunakan untuk menyimpan data-data kesehatan atau data rekam medis yang rentan terhadap hal ini. Data yang disimpan ke dalam BigchainDB secara umum dibedakan menjadi 2 kategori. Pertama data sebagai aset, dan data sebagai meta data. Dalam aturannya aset tidak boleh dilakukan intervensi atau perubahan, sehingga data yang telah disimpan sebagai aset akan selamanya disimpan di dalam basis data ini, dan tidak diperkenankan untuk dihapus. Manipulasi hanya boleh dilakukan terhadap meta data yang diberikan untuk data aset tersebut. Sebagai contoh data sebagai aset adalah pasien. Data pasien ini tidak boleh diubah lagi pada saat proses penambahan data telah dilakukan. Hal yang boleh dilakukan adalah menambahkan informasi metadata terkait perubahannya. Sebagai contoh pasien A melakukan perpindahan tempat tinggal, informasi ini hanya boleh ditambahkan ke dalam metadatanya. Setiap aset yang telah ditambahkan, akan mendapatkan sebuah *token*, yang dapat digunakan untuk proses transaksi (transfer).

Kemudian transaksi utama pada BigchainDB adalah *create* dan *transfer*. Persis pada konsep transaksi pada teknologi Blockchain pada mata uang kripto. *Create* adalah proses penambahan aset dilakukan, *transfer* adalah proses pemindahan kepemilikan aset. Sebagai contoh pasien A diperiksa di rumah sakit A, rumah sakit A telah menambahkan data pasien A ke dalam sistemnya. Suatu hari pasien A akan berpindah ke rumah sakit B. Di rumah sakit B tentunya data pasien A belum terdaftar pada sistemnya. Jika menggunakan sistem tradisional, maka pasien ini pasti disarankan untuk datang ke bagian pendaftaran supaya terdaftar sebagai pasien di rumah sakit B. Berbeda sekali apabila sistem kesehatan di kedua

rumah sakit tersebut menggunakan konsep BigchainDB ini. Rumah sakit B akan meminta pada rumah sakit A, untuk mengirimkan data pasien A ke dalam sistem rumah sakit B dengan menggunakan token / *address* yang sudah ditentukan. Hasil pemeriksaan di rumah sakit B inilah sebagai meta data baru atas aset pasien A, dan rumah sakit B sebagai pemilik baru data aset (pasien A) (Suyel Namasudra, 2020). Tabel 2.10. merupakan perbandingan antara blockchain (bitcoin), basis data terdistribusi dan BigchainDB.

Tabel 2.10. Perbandingan Blockchain (Bitcoin), Distributed Database, BigchainDB

	Bitcoin Blockchain	Distributed Database	BigchainDB
Immutability	✓		✓
No central authority	✓		✓
Assets over network	✓		✓
High throughput		✓	✓
Low latency		✓	✓
Rich permissioning		✓	✓
Query capabilities		✓	✓

2.3.8. OpenEMR

OpenEMR merupakan aplikasi rekam medis elektronik yang dikembangkan secara *open source*. Aplikasi ini sudah menerapkan standar FHIR pada struktur tabel pada sistem basis datanya (MySQL). Selain struktur tabel, aplikasi ini sudah memiliki REST API dengan standar FHIR.

Pada penelitian ini aplikasi OpenEMR akan digunakan sebagai pembanding terhadap penyimpanan datanya, antara *distributed database* dengan *NoSQL (BigchainDB)* yang akan dihasilkan pada penelitian ini.

Modul FHIR yang disediakan pada OpenEMR tergolong masih belum lengkap, karena masih dalam proses pengembangan.

2.3.9. Transformasi Data

Transformasi data merupakan proses perubahan data yang sebelumnya tidak menggunakan menggunakan standar baku, baik itu bentuk dan format data yang digunakan, maupun nilai atas variabel data yang akan diisikan, menjadi data yang lebih baku dan berstandar berdasarkan standar umum yang banyak digunakan oleh masyarakat (Fajar Dwi Handoko, dkk, 2022).

Maka, dalam upaya tercapainya interoperabilitas sistem informasi kesehatan, penelitian ini menggunakan standar FHIR sebagai dasar proses transformasi data rekam medis elektronik yang disimpan dalam sebuah sistem basis data berbasis blockchain yakni BigchainDB dan akan dipertukarkan melalui GraphQL.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis, Sifat, dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis adalah kuantitatif. Kuantitatif karena pada penelitian ini menguji kemampuan Web APIs berkaitan *response time* atau *latency* yang dihasilkan dalam pengujian dan analisis sistem yang dihasilkan berupa angka matematis yang dapat dilakukan proses analisis. Kemudian ukuran data yang dikirimkan atau dipertukarkan melalui pendekatan yang diusulkan juga menghasilkan data berupa angka matematis yang dapat digunakan untuk kebutuhan analisis lebih lanjut.

Sifat penelitian yang akan dilakukan adalah eksperimen dimana peneliti akan melakukan sebuah eksperimen guna menguji kemampuan integrasi sistem informasi kesehatan dengan pendekatan *GraphQL* dan *FHIR*, menguji kemampuan penyimpanan data rekam medis elektronik dengan pendekatan *FHIR* dan *BigchainDB (blockchain)*, menguji integrasi protipe yang dihasilkan dengan sistem informasi kesehatan yang berjalan, serta menguji dengan sistem baru (kasus pengembangan sistem pasien monitoring Covid-19) yang akan dikembangkan, sehingga mendapatkan hasil analisis yang diharapkan untuk memberikan kesimpulan terhadap interoperabilitas sistem yang dihasilkan.

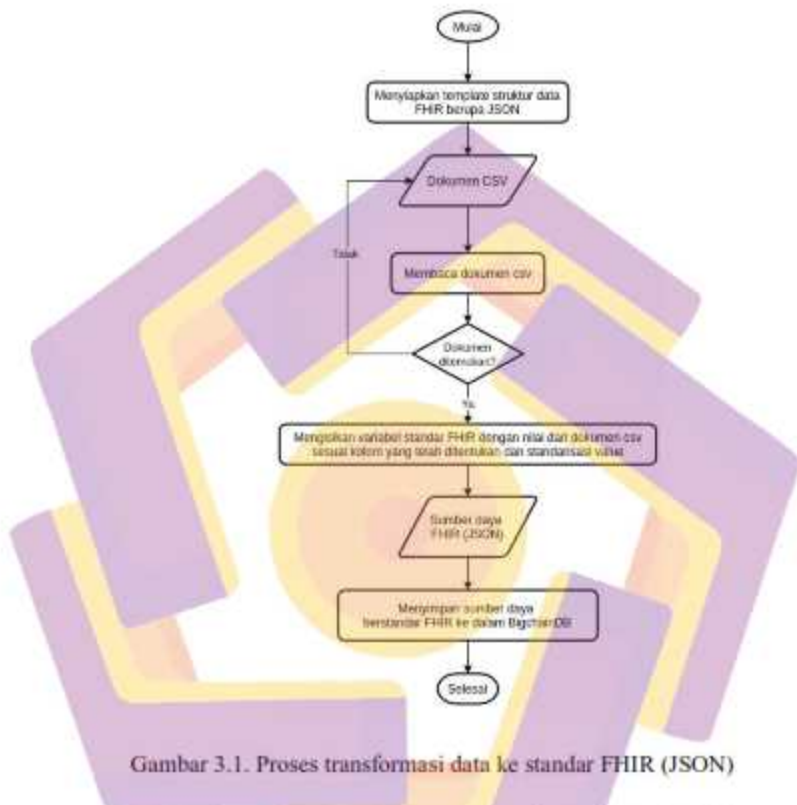
Pendekatan penelitian yang akan digunakan adalah pendekatan kuantitatif. Peneliti akan memaparkan hasil dari analisis berupa angka matematis (Gani Nur Pramudyo, Indira Erawati, 2021).

3.2. Metode Transformasi Data

Metode transformasi data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman python untuk membuat modul transformasi data. Tujuan dari kegiatan ini adalah mengubah data yang sebelumnya belum menggunakan standar baku dan umum digunakan, menjadi data berstandar FHIR yang akan disimpan pada sistem basis data berbasis RDBMS maupun NoSQL / Blockchain yang pada akhirnya data-data tersebut akan dipertukarkan dengan standar yang sama yakni FHIR melalui GraphQL.

Mekanisme transformasi data yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1. dan Gambar 3.2. Pada Gambar 3.1. menjelaskan proses transformasi data dari dokumen csv ke standar FHIR dengan format JSON. Pada tahap awal hal yang dilakukan dengan menyiapkan *template* dari sumber daya FHIR, *Patient* dan *Observation* berformat JSON. Untuk sumber daya *Device* dan *Practitioner* tidak dilakukan transformasi data karena data yang digunakan sudah memenuhi standar FHIR, yang telah disimpan pada OpenEMR. Selanjutnya, dokumen csv akan dibaca oleh kode program dan dilakukan pengecekan ada tidaknya dokumen csv, jika ada maka variabel pada sumber daya FHIR akan diisi dengan nilai dari dokumen csv berdasarkan kolom yang isinya sesuai dengan variabel FHIR dan melakukan standarisasi nilai jika data yang digunakan tidak sesuai standar FHIR. Misalnya saja terdapat jenis kelamin dengan value *M* atau *F*, maka sesuai aturan FHIR data yang disimpan harus diberikan nilai *male* untuk laki-laki dan *female* untuk perempuan. Dari proses ini akan dihasilkan sumber

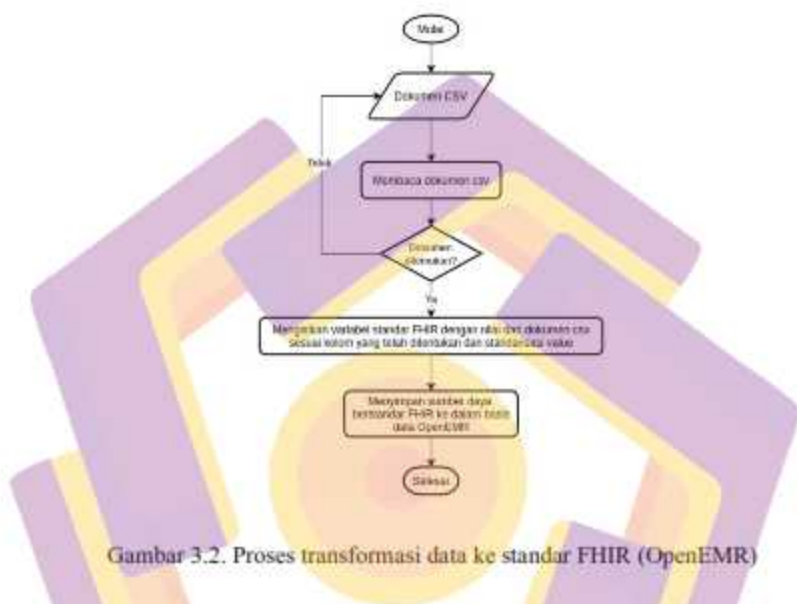
daya FHIR berformat JSON lengkap dengan nilainya, dan disimpan ke dalam basis data BigchainDB.



Gambar 3.1. Proses transformasi data ke standar FHIR (JSON)

Pada Gambar 3.2. menjelaskan proses transformasi data dari dokumen csv ke standar FHIR pada sistem basis data yang telah mengadopsi standar FHIR, pada penelitian ini menggunakan OpenEMR dengan basis datanya MySQL. Pada proses ini hal pertama yang dilakukan adalah membaca ketersediaan dokumen csv, jika dokumen ditemukan maka proses selanjutnya mengisikan variabel-variabel FHIR dengan nilai dari dokumen csv berdasarkan kolom yang telah ditentukan dan melakukan standarisasi nilai jika isian yang diberikan tidak sesuai dengan

standar FHIR, seperti pada kasus data jenis kelamin. Proses terakhir menyimpan data yang telah selesai ditransformasikan ke standar FHIR kedalam basis data OpenEMR.



Gambar 3.2. Proses transformasi data ke standar FHIR (OpenEMR)

3.3. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasien Covid-19 yang diperoleh peneliti pada tahun 2021 yang berjumlah 983 pasien dari *CDI* (*Centro Diagnostico Italiano*). *CDI* merupakan repositori yang digunakan oleh pemerintah Italia dalam melakukan riset di area *Artificial Intelligence* (Kecerdasan Artifisial) untuk penanganan Covid-19, karena Italia merupakan negara barat pertama yang terkena serangan Covid-19 ini (AIforCOVID, 2021).

Repositori tersebut dipilih untuk penelitian ini dikarenakan jumlah data yang dimiliki cukup bervariasi, dan cukup banyak, serta data tersebut dapat

digunakan untuk penelitian lain yang sudah mendapat persetujuan. Data-data yang diperoleh dari website tersebut berupa informasi pasien yang sudah disamarkan identitasnya, hasil pemeriksaan alat dan file radiologi hasil dari mesin rongsen dada (paru) dari masing-masing pasien tersebut. Total data yang berhasil diunduh kurang lebih 9.1 GB. Selain itu data-data tersebut akan digabungkan dengan data pasien RS Jantung Harapan Kita, data yang digunakan hanyalah nama pasien dan bukan hasil pemeriksaan dari pasien tersebut. Tujuan penggabungan data ini adalah untuk menambah variasi data supaya lebih bermakna secara alami.

Untuk memenuhi data dokter, peneliti akan menyiapkan sendiri data dokter sebanyak 20 orang guna mempermudah proses simulasi pada sistem yang nantinya akan diintegrasikan.

Data dari alat resuscitator Covid-19. Data yang dihasilkan dari alat ini berupa data text dengan format tertentu, dimana didalamnya akan menghasilkan variabel-variabel yang telah memiliki nilai tertentu.

3.4. Metode Analisis Data

Analisa data dilakukan menggunakan teknik *mapping* untuk mengetahui struktur data pasien dan data dokter dari sistem yang telah berjalan di rumah sakit dengan membandingkan struktur data yang ada pada *FHIR*. Hasil dari *mapping* ini akan menghasilkan dokumen untuk digunakan dalam pembuatan sistem transformasi data.

Analisis interoperabilitas sistem informasi kesehatan dilakukan dengan cara membuat rancangan arsitektur sistem interoperabilitas yang diusulkan pada

penelitian ini. Selanjutnya dari rancangan tersebut akan dilakukan analisa terkait pengujian sistem, mulai dari mengukur *response time* yang dihasilkan dalam aktivitas penetrasi testing yang dilakukan, pengukuran data *request* yang digunakan sampai batas maksimal yang telah ditentukan dalam pengujian, pengukuran data *response* yang dikirimkan sampai batas maksimal yang telah ditentukan dalam pengujian, pengukuran dengan melakukan pencatatan terhadap data yang disimpan ke dalam basis data sampai batas maksimal yang telah ditentukan dalam pengujian, dan mencatat dan menguji sistem dengan jumlah pengguna sampai batas maksimal yang telah ditentukan untuk mengetahui batas penggunaan yang dapat diakses oleh pengguna.

Skenario pengujian untuk mendapatkan informasi mengenai *response time* dapat dilihat pada Tabel 3.1. Pengujian pada skenario ini menggunakan kode program dengan bahasa pemograman Python dengan mencatat *response time* yang dihasilkan sesuai poin-poin pada skenario Tabel 3.1. (Danang Kastowo, 2021)

Tabel 3.1. Skenario pengujian *response time*

Query	BigchainDB & FHIR		
	Load Test	Retrieve Test	Total Node
Q1 (insert data)	√	-	1
Q2 (select test all data)	-	√	1
Q3 (insert data)	√	-	3
Q4 (select all data)	-	√	3
Q5 (insert data) (Suresh Kumar Mukhiya, dkk, 2021)	√	-	1
Q6 (select all data) (Suresh Kumar Mukhiya, dkk, 2021)	-	√	1

Skenario pengujian untuk mendapatkan informasi mengenai batas maksimal permintaan (*request*) menggunakan sumber daya FHIR yang dapat dikirimkan, dapat dilihat pada Tabel 3.2. Pada skenario pengujian ini, sumber daya yang digunakan adalah *Patient*. Sumber daya lain, seperti *Person*, *Device*, *Observation*, dan *Practitioner* tidak dilakukan karena perbedaan ukuran JSON yang tidak terlalu besar, dan dapat diwakili pada salah satu sumber daya (*Patient*). Pada pengujian ini menggunakan GraphQL editor untuk menampilkan beberapa permintaan, dan semua permintaan yang telah disediakan oleh skema GraphQL yang sudah ditentukan.

Tabel 3.2. Skenario pengujian batas permintaan data (*request*)

Permintaan (<i>request</i>)	BigchainDB & FHIR		
	Jumlah Key	Bentuk Data	Jumlah Node
P1 (select data sumber daya pasien beberapa <i>key</i>)	4	JSON	1
P2 (select data sumber daya pasien seluruh <i>key</i>)	8	JSON	1
P3 (select data sumber daya pasien beberapa <i>key</i>)	4	JSON	3
P4 (select data sumber daya pasien seluruh <i>key</i>)	8	JSON	3

Skenario pengujian untuk mendapatkan informasi mengenai batas maksimal pemberian data (*response*) untuk sumber daya FHIR yang telah disimpan, dapat dilihat pada Tabel 3.3. Pada pengujian ini menggunakan kode program dengan bahasa pemrograman Python yang telah dibuat pada penelitian ini yang disesuaikan pada skenario pada Tabel 3.3. (Danang Kastowo, 2021). Kemudian untuk jumlah node yang digunakan pada skenario ini secara *default* untuk proses pemanggilan data, BigchainDB akan mengacu pada satu node yang dianggap aktif.

Tabel 3.3. Skenario pengujian batas pemberian data (*response*)

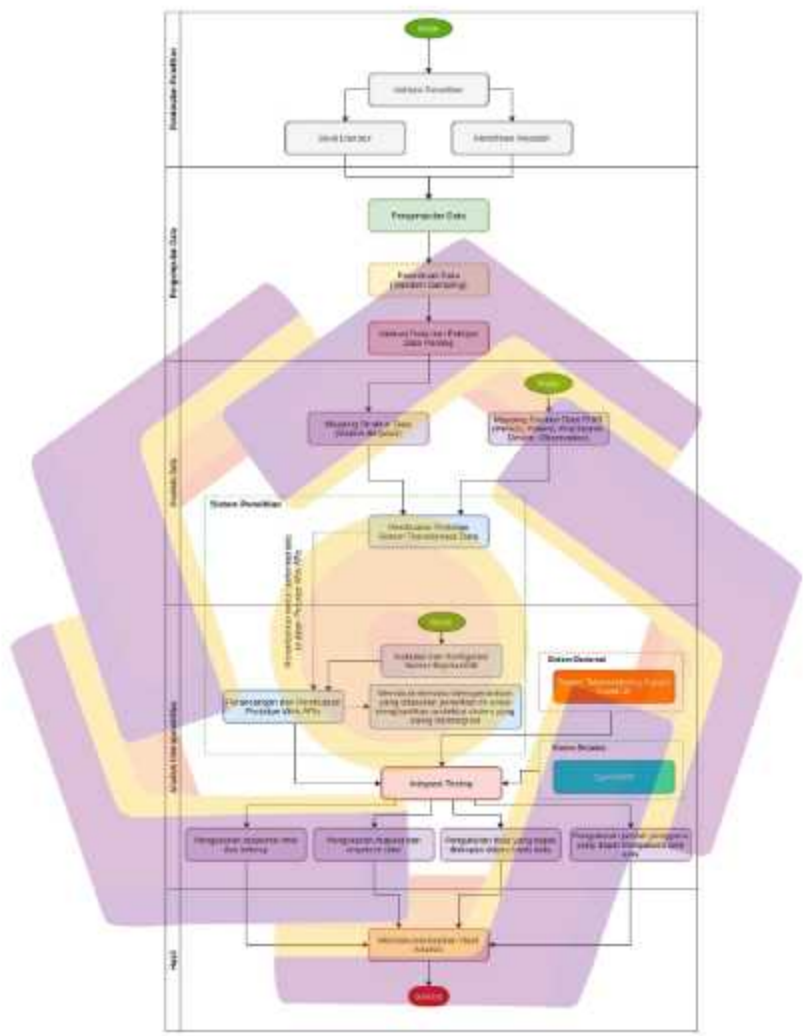
Pemberian data (<i>response</i>)	BigchainDB & FHIR		
	Ukuran (KiloBytes)	Bentuk Data	Jumlah Node
R1 (select 100 sumber daya pasien)	221,8 KB	JSON	1
R2 (select 200 sumber daya pasien)	442,8 KB	JSON	1
R3 (select 500 sumber daya pasien)	1.035,4 KB	JSON	1
R4 (select 1000 sumber daya pasien)	2.200 KB	JSON	1
R5 (select 2000 sumber daya pasien)	3.700 KB	JSON	1
R6 (select 3000 sumber daya pasien)	6.500 KB	JSON	1

Metode untuk mendapatkan informasi jumlah dokumen yang berhasil disimpan pada basis data BigchainDB dapat dilihat dari halaman utama pada aplikasi MongoDB Compass.

Selanjutnya, untuk pengujian jumlah pengguna yang dapat menggunakan Web APIs yang dihasilkan pada penelitian ini, menggunakan aplikasi JMeter dengan menambahkan jumlah *thread* sebesar 20 dan dijalankan selama 20 menit (Suresh Kumar Mukhiya, dkk, 2021).

3.5. Alur Penelitian

Gambaran tahapan alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3., penjelasan dari gambar tersebut kami uraikan seperti penjelasan di bawah ini.



Gambar 3.3. Alur Penelitian

Tahapan pertama pada penelitian ini adalah pendekatan penelitian. Pada tahapan ini peneliti akan melakukan validasi berkaitan penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh banyak peneliti sebelumnya. Dari proses validasi ini akan

dihasilkan kerangka penelitian yang akan dijadikan sebagai rumusan masalah dalam penelitian ini. Penelitian-penelitian yang memiliki kemiripan masalah, akan digunakan sebagai studi literatur untuk menggali lebih dalam masalah atau metode yang telah digunakan pada penelitian tersebut. Sehingga, diharapkan peneliti dapat menemukan hal baru untuk dilakukan penelitian lebih dalam.

Tahapan kedua pada penelitian ini adalah pengumpulan data. Pada tahap ini peneliti mencari sumber data yang akan digunakan khususnya untuk kasus yang berhubungan dengan Covid-19. Data-data yang sudah diperoleh akan dipilah sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian ini. Misalnya data pasien, data dokter, data pemeriksaan ataupun data lain yang sesuai dengan fokus penelitian ini. Karena data yang digunakan adalah data rekam medis yang memiliki sensitifitas, maka peneliti harus melakukan pengecekan mengenai data tersebut, apakah perlu dilakukan manipulasi atau dapat digunakan secara langsung dalam penelitian. Tujuannya adalah untuk menjaga kerahasiaan data pasien atau praktisi kesehatan yang harus dilindungi hak-haknya.

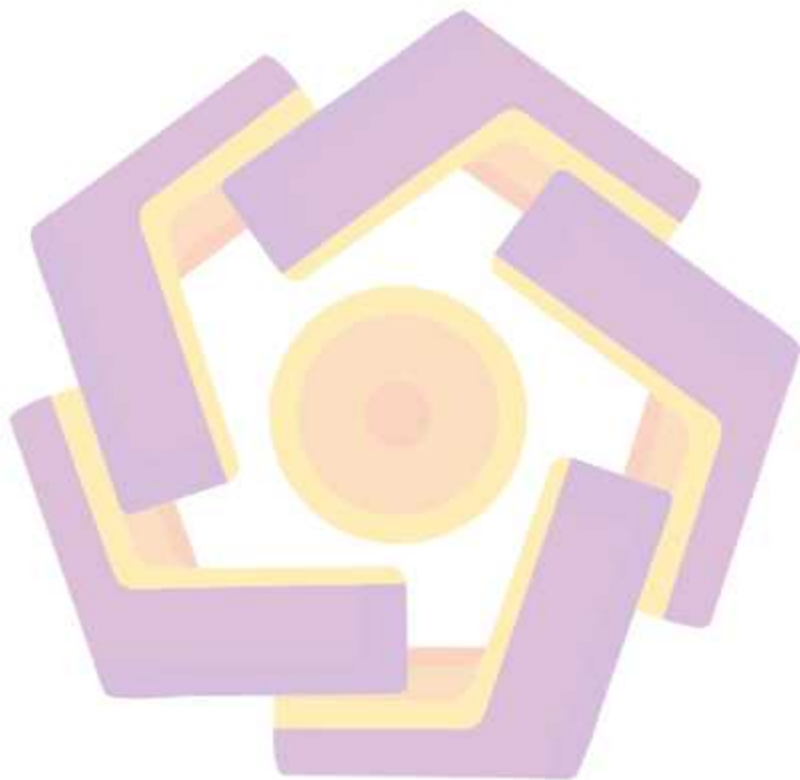
Tahapan ketiga pada penelitian ini adalah analisis data. Pada tahap ini peneliti akan membandingkan dan mempelajari bentuk data yang telah diperoleh. Misalnya data pasien yang diperoleh berupa dokumen csv, dimana proses input data ke dalam sistem rekam medis elektronik tidak dapat dilakukan secara langsung. Maka diperlukan mekanisme transformasi data supaya data tersebut dapat digunakan dan disimpan ke dalam sistem tersebut. Data-data dari alat resuscitator berupa *text* yang perlu ditransformasikan ke dalam format FHIR juga menjadi perhatian dalam tahapan ini. Sehingga pada tahapan ini akan

menghasilkan sebuah program untuk transformasi data sesuai format FHIR, yang nantinya akan digunakan didalam sistem pengujian dan integrasi dalam penelitian ini.

Tahapan keempat pada penelitian ini adalah analisis interoperabilitas. Kegiatan pertama yang dilakukan adalah melakukan instalasi dan konfigurasi server BigchainDB, baik pada satu *node* maupun pada tiga *node*. Satu *node* server akan digunakan untuk menguji dan memperlakukan BigchainDB seperti sistem basis data RDBMS, dimana tidak ada mekanisme interkoneksi antar sistem basis data. Tiga *node* server akan digunakan untuk menguji fitur desentralisasi yang dimiliki BigchainDB. Sehingga, total server yang digunakan pada penelitian ini berjumlah empat dengan kapasitas yang telah ditentukan. Pada tahap instalasi dan konfigurasi server BigchainDB akan menghasilkan cara mengkonfigurasi koneksi antar *node* pada BigchainDB dan proses instalasi BigchainDB itu sendiri.

Selanjutnya, kegiatan berikutnya yang dilakukan pada tahap ini adalah mulai merancang arsitektur sistem interoperabilitas yang akan digunakan pada penelitian ini dan juga membuat arsitektur sistem Web APIs yang akan digunakan untuk proses integrasi antara sistem yang sudah berjalan dengan sistem baru yang akan dikembangkan. Web APIs yang dihasilkan sesuai pendekatan yang diusulkan pada penelitian ini, yakni menggunakan GraphQL, FHIR, dan BigchainDB. Luaran dari tahapan ini berupa hasil-hasil analisis yang telah ditentukan skenario pengujiannya, mulai dari pengukuran *latency* dan *response time*, pengukuran jumlah *request* dan *response* data yang dapat dialirkan pada sistem web apis yang dihasilkan, pengukuran jumlah data yang dapat disimpan pada sistem basis data

BigchainDB, dan yang terakhir adalah pengukuran jumlah pengguna yang dapat menggunakan web apis yang dihasilkan pada periode tertentu untuk dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Suresh Kumar Mukhiya, 2021).



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Transformasi Data

Proses transformasi dilakukan untuk melakukan standarisasi data dari data yang diperoleh dari AlforCOVID berupa dokumen csv dan penggabungan dari data lain, yang diperoleh dari rumah sakit Jantung Harapan Kita, yang memiliki format tidak standar ke format FHIR pada sistem yang sudah berjalan dalam hal ini OpenEMR disimpan pada basis data MySQL, serta ke dalam sistem basis data BigchainDB yang dihasilkan pada penelitian ini dengan bentuk JSON.

Tabel 4.1. merupakan struktur data pasien yang dibentuk dari dokumen csv, beberapa kolom yang akan digunakan untuk mengisi struktur data FHIR (Patient) adalah *medical_record_id*, *firstname*, *lastname*, *birthdate*, *gender*, *address*, *city*, *state_id*, *country_id*, *postcode*, *phone* dan *email*. Selanjutnya data-data ini akan ditransformasikan ke dalam bentuk format FHIR yang akan disimpan di basis data OpenEMR dan BigchainDB.

Tabel 4.1. Struktur data pada yang diperoleh dilapangan

Nama Kolom	Tipe Data	Panjang Karakter
patient_id	integer	11
firstname	varchar	45
lastname	varchar	45
birthdate	date	
birth_maturity	varchar	45
gender	enum('F', 'M')	

Tabel 4.1. (Lanjutan)

address	text	
city	varchar	20
state_id	integer	11
country_id	char	3
postcode	varchar	10
phone	char	15
email	varchar	50
updated	date	
status	enum('Discharged', 'Dead')	
status_date	date	
gestational_age	integer	11
cardiologist	varchar	45
diagnosis	text	
sts_diagnosis	text	
referring_doctor	varchar	45
national_id	char	3
family_doctor	varchar	45
follow_up_center	varchar	45
comment	text	
legacy_id	integer	11
medical_record_id	char	16

Tabel 4.2. merupakan struktur tabel pasien yang sudah berstandar FHIR yang diperoleh dari basis data OpenEMR. Tabel ini akan digunakan untuk menyimpan data pasien dari dokumen csv yang ditambahkan menggunakan modul transformasi data dan dengan berjalan *query* untuk menyimpan data. Jumlah

kolom atau *field* pada tabel pasien yang berstandar FHIR di OpenEMR berjumlah 109.

Tabel 4.2. Struktur data pasien dengan format FHIR pada OpenEMR

Nama Kolom	Tipe Data	Panjang Karakter
id	bigint	20
uuid	binary	16
title	varchar	255
language	varchar	255
financial	varchar	255
fname	varchar	255
lname	varchar	255
mname	varchar	255
DOB	date	
street	varchar	255
postal_code	varchar	255
city	varchar	255
state	varchar	255
country_code	varchar	255
drivers_license	varchar	255
ss	varchar	255
occupation	longtext	
phone_home	varchar	255
phone_biz	varchar	255
phone_contact	varchar	255
phone_cell	varchar	255
pharmacy_id	int	11
status	varchar	255

Tabel 4.2. (Lanjutan)

contact_relationship	varchar	255
date	datetime	
sex	varchar	255
referrer	varchar	255
referrerID	varchar	255
providerID	varchar	255
ref_providerID	varchar	255
email	varchar	255
email_direct	varchar	255
ethnoracial	varchar	255
race	varchar	255
ethnicity	varchar	255
religion	varchar	40
interpreter	varchar	255
migrantseasonal	varchar	255
family_size	varchar	255
monthly_income	varchar	255
billing_note	text	
homeless	varchar	255
financial_review	datetime	
pubpid	varchar	255
pid	bigint	20
genericname1	varchar	255
genericval1	varchar	255
genericname2	varchar	255
genericval2	varchar	255

Tabel 4.2. (Lanjutan)

hipaa_mail	varchar	3
hipaa_voice	varchar	3
hipaa_notice	varchar	3
hipaa_message	varchar	20
hipaa_allowsms	varchar	3
hipaa_allowemail	varchar	3
squad	varchar	32
fitness	int	11
referral_source	varchar	30
usertext1	varchar	255
usertext2	varchar	255
usertext3	varchar	255
usertext4	varchar	255
usertext5	varchar	255
usertext6	varchar	255
usertext7	varchar	255
usertext8	varchar	255
userlist1	varchar	255
userlist2	varchar	255
userlist3	varchar	255
userlist4	varchar	255
userlist5	varchar	255
userlist6	varchar	255
userlist7	varchar	255
pricelevel	varchar	255
regdate	date	

Tabel 4.2. (Lanjutan)

contrastart	date	
completed_ad	varchar	3
ad_reviewed	date	
vfc	varchar	255
mothersname	varchar	255
guardiansname	text	
allow_imm_reg_use	varchar	255
allow_imm_info_share	varchar	255
allow_health_info_ex	varchar	255
allow_patient_portal	varchar	31
deceased_date	datetime	
deceased_reason	varchar	255
soup_import_status	tinyint	4
cmsportal_login	varchar	60
care_team_provider	text	
care_team_facility	text	
county	varchar	40
industry	text	
imm_reg_status	text	
imm_reg_stat_effdate	text	
publicity_code	text	
publ_code_eff_date	text	
protect_indicator	text	
prot_indi_effdate	text	
guardianrelationship	text	
guardiansex	text	

Tabel 4.2. (Lanjutan)

guardianaddress	text	
guardiancity	text	
guardianstate	text	
guardianpostalcode	text	
guardiancountry	text	
guardianphone	text	
guardianworkphone	text	
guardianemail	text	

Selanjutnya Gambar 4.1. adalah proses transformasi dari dokumen csv ke basis data OpenEMR menggunakan bahasa pemrograman python3. Gambar yang diberi tanda warna kuning adalah mekanisme pengisian variabel FHIR dengan nilai dari dokumen csv berdasarkan kesesuaian nilai. Gambar yang diberi tanda merah merupakan proses *insert* data ke dalam basis data FHIR di OpenEMR. Data-data yang telah disimpan di basis data OpenEMR nantinya akan dipergunakan pada skenario pengujian, maupun skenario interoperabilitas sistem informasi kesehatan yang telah dirancang pada penelitian ini.

```

import csv
import requests

# Read data from CSV file
with open('data.csv', 'r') as file:
    reader = csv.DictReader(file)

    # Iterate through rows and insert data into FHIR
    for row in reader:
        # Create FHIR Patient resource
        patient = {
            "resourceType": "Patient",
            "name": {
                "family": row["guardianname"],
                "given": row["guardianname"],
            },
            "address": row["guardianaddress"],
            "city": row["guardiancity"],
            "state": row["guardianstate"],
            "postalCode": row["guardianpostalcode"],
            "country": row["guardiancountry"],
            "phone": row["guardianphone"],
            "workPhone": row["guardianworkphone"],
            "email": row["guardianemail"],
        }

        # Send POST request to FHIR API
        response = requests.post("http://localhost:8080/fhir/patient", json=patient)

        # Print response
        print(response.json())

```

Gambar 4.1. Kode program untuk transformasi data csv ke FHIR pada MySQL.

Gambar 4.2. adalah proses transformasi data dari dokumen csv ke dalam basis data berformat FHIR pada BigchainDB. Gambar yang diberikan tanda kuning merupakan kerangka struktur dan format data FHIR berupa JSON. Dari kerangka tersebut akan digunakan untuk mendefinisikan variabel-variabel FHIR yang akan digunakan untuk menyimpan nilai-nilai dari dokumen csv yang memiliki kesesuaian. Gambar yang diberikan warna biru merupakan proses transformasi data yang terjadi untuk menghasilkan format JSON baru yang sudah lengkap data dan isinya, yang selanjutnya akan disimpan sebagai aset pada basis data BigchainDB seperti pada gambar yang diberikan tanda merah. Kemudian data-data yang disimpan di dalam basis data ini dapat digunakan dan diintegrasikan dengan sistem baru melalui GraphQL dan digunakan untuk pengujian sesuai skenario yang telah ditentukan pada penelitian ini.

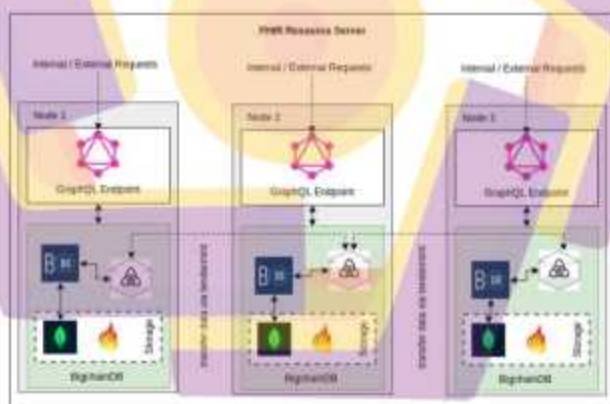
4.2. Instalasi dan Konfigurasi Server BigchainDB

Kebutuhan sistem yang harus dicapai pada penelitian ini sesuai dengan masalah dan solusi yang diusulkan adalah sistem basis data BigchainDB dapat digunakan untuk menyimpan dan membaca ulang data rekam medis elektronik berbasis FHIR, dan sistem basis data BigchainDB harus dapat saling terhubung antara node 1 - node 3 untuk memastikan fitur desentralisasi berjalan dengan baik. Sehingga capaian untuk menjaga integritas data rekam medis dapat dilakukan.

Kegiatan ini akan menghasilkan rancangan arsitektur sistem basis data rekam medis, pada penelitian ini menggunakan 2 kluster node, kluster pertama terdiri dari 1 node dengan spesifikasi prosesor dengan jumlah core 7 dan kapasitas memori sebesar 16 GB, kluster kedua terdiri dari 3 node dengan spesifikasi setiap nodenya prosesor dengan jumlah core 4 dan kapasitas memori sebesar 4 GB. Pada kluster pertama akan diinstall basis data MySQL, MongoDB dan BigchainDB, kemudian pada kluster kedua akan diinstall BigchainDB yang terdesentralisasi datanya.

Gambar 4.3. adalah rancangan server basis data yang digunakan untuk menyimpan data rekam medis elektronik, baik data *Patient* maupun *Observation* yang dihasilkan dari alat resusitator dan aplikasi mobile yang akan digunakan pada pengujian interoperabilitas antar sistem. Pada layer pertama terdapat GraphQL yang bertugas sebagai antar muka untuk pertukaran data rekam medis elektronik. GraphQL akan berkomunikasi dengan BigchainDB melalui SDK (*Software Development Kit*) khusus untuk bahasa pemrograman python. Data yang dipertukarkan akan diambil / disimpan dari basis data MongoDB yang sudah

berstandar FHIR. Selanjutnya proses pendistribusian data rekam medis elektronik dilakukan oleh Tendermint, dimana Tendermint bertindak sebagai worker aplikasi yang akan aktif jika ada proses penyimpanan / pengambilan data dan *stand by* jika tidak ada aktivitas penambahan data maupun pengambilan data. Pada rancangan sistem basis data ini, GraphQL diinstal pada setiap node server dengan tujuan sebagai backup akses data, karena apabila terjadi kerusakan pada salah satu server, pengguna masih dapat menggunakan endpoint lain yang telah disediakan. Selain backup data yang telah dilakukan oleh BigchainDB melalui Tendermint, menurut kami backup akses terhadap data juga menjadi solusi untuk memudahkan pengaksesan pada saat data rekam medis dibutuhkan, sehingga pengguna tidak lagi mengalami kesulitan untuk mendapatkan data akibat kerusakan server.



Gambar 4.3. Arsitektur server sumber daya FHIR

Pada tahap awal instalasi BigchainDB, hal yang harus diperhatikan adalah sistem operasi yang digunakan, karena BigchainDB berjalan dengan baik jika diinstal menggunakan sistem operasi Linux (Ubuntu), dan pada penelitian ini

menggunakan Ubuntu Server versi 18.04 dan versi BigchainDB 2.2.2., Tendermint versi 0.31.5-d2eab536 dan MongoDB versi v3.6.3 (BigchainDB, 2022). Selanjutnya, dalam membuat rancangan penyimpanan berbasis BigchainDB, hal penting yang harus diperhatikan adalah masalah konfigurasi konektivitas antar node server. Pada penelitian ini menerapkan tiga node, maka satu node akan berfungsi sebagai kordinator dan dua node lainnya sebagai member. Konfigurasi ini diatur pada file *genesis.json*. Fungsi dari file ini adalah sebagai identitas jaringan yang telah dibuat, bahwa setiap node akan memiliki *chain_id* yang sama, tujuannya agar masing-masing node dapat saling berkomunikasi. Penentuan node sebagai member juga diatur pada file ini dengan mendaftarkan kunci publik yang dimiliki dari masing-masing node yang dapat dilihat pada file *priv_validator_key.json*. Selain itu, setiap member yang akan saling terhubung harus ditambahkan *node_id* yang dapat dilihat pada file *config.toml* di setiap node member. Khusus pada node yang bertindak sebagai kordinator tidak perlu ditambahkan (BigchainDB, 2022).

Gambar 4.4. merupakan contoh dari konfigurasi pada file *genesis.json*. Hal ini mesti diperhatikan karena file *genesis.json* yang telah diubah pada node kordinator, harus dibagikan ke seluruh node member. Pada gambar tersebut dapat diperoleh informasi jaringan blockchain yang terbentuk, yakni *test-chain-YV'sSSP*. Dibagian validator menunjukkan informasi mengenai node server yang bertindak sebagai member, dalam konfigurasi tersebut menjelaskan adanya tiga node server yang saling terhubung, yaitu *bigchain1*, *bigchain2* dan *bigchain3*.

```

1 {
2   "genesis_time": "2022-02-08T15:27:31.889181152Z",
3   "chain_id": "main-chain-00000",
4   "consensus_params": {
5     "block": {
6       "max_bytes": "2000000",
7       "max_gas": "1",
8       "time_interval": "1000"
9     }
10    "evidence": {
11      "max_age": "100000"
12    }
13    "validator": {
14      "pub_key_types": [
15        "ed25519"
16      ]
17    }
18  },
19  "validators": [
20    {
21      "pub_key": {
22        "type": "tendermint/PubKeyEd25519",
23        "value": "0x02C07742293037963E366C1D6479620200"
24      },
25      "power": "1",
26      "name": "bigchain1"
27    },
28    {
29      "pub_key": {
30        "type": "tendermint/PubKeyEd25519",
31        "value": "0x02A7D7079461E25331919F5188677124846401"
32      },
33      "power": "1",
34      "name": "bigchain2"
35    },
36    {
37      "pub_key": {
38        "type": "tendermint/PubKeyEd25519",
39        "value": "0x02F014077Ch2d296b166c00c184a9700000"
40      },
41      "power": "1",
42      "name": "bigchain3"
43    }
44  ],
45  "app_state": {}
46 }

```

Gambar 4.4. Contoh konfigurasi pada file *genesis.json*

Keberhasilan konektivitas yang terjalin antar node berkaitan mekanisme desentralisasi data, yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. yang telah diberi tanda berwarna merah. Pada gambar tersebut menjelaskan mengenai status konektivitas Tendermint, dapat dilihat ada tiga port berbeda yang ditunjukkan dari satu node BigchainDB. Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa Tendermint sebagai worker yang bertugas mendistribusikan data pada saat data itu disimpan.

Dari Gambar 4.6 menunjukkan bahwa penyimpanan data rekam medis berstandar FHIR dapat disimpan dengan baik pada sistem desentralisasi dengan ditampilkan informasi mengenai jumlah data yang sama antar ketiga node sebanyak 6.940 data, dengan key berakhiran 0911. Key ini menunjukkan bahwa data pada ketiga node merupakan data yang sama.

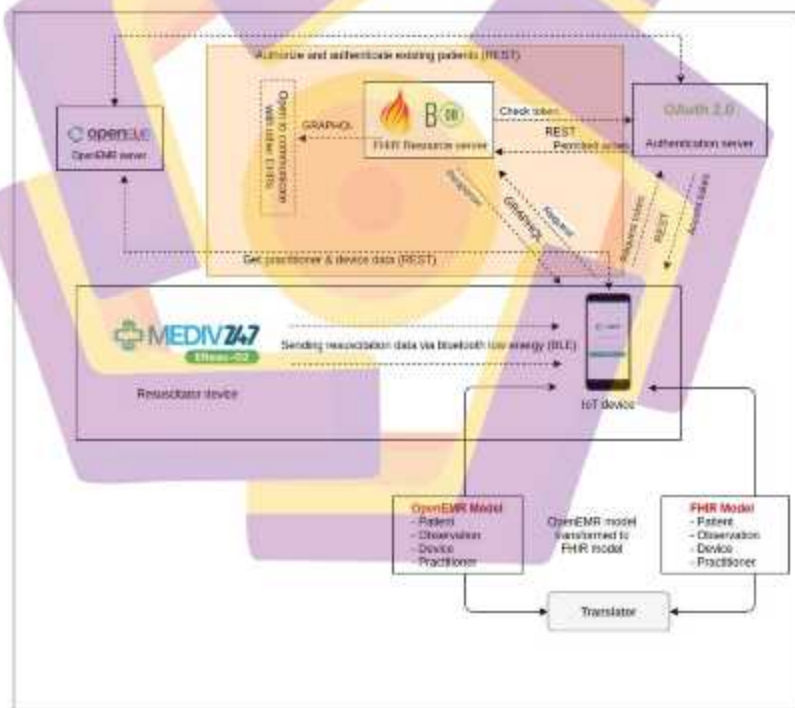


Gambar 4.7. Struktur data pasien dalam format FHIR

Gambar 4.7. adalah hasil transformasi data dari dokumen csv ke dalam format FHIR berupa JSON yang disimpan dalam sistem basis data BigchainDB. Informasi mengenai nama, alamat, tanggal lahir dan medical record id sengaja tidak ditampilkan untuk masalah privasi data pasien.

4.3. Interoperabilitas Sistem Informasi Kesehatan

Bagian ini menjelaskan komponen utama dari skenario pengujian interoperabilitas yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.8. Selain itu, kami akan menguraikan bagaimana komponen ini nantinya berkomunikasi satu sama lain. Warna kotak berwarna jingga pada Gambar 4.8 merupakan sistem yang dihasilkan dan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dimana sistem inilah yang berfungsi sebagai integrator antara sistem berjalan dengan sistem baru yang akan dikembangkan.



Gambar 4.8. Skenario interoperabilitas sistem baru dan sistem yang sudah berjalan pada penelitian ini

Selanjutnya, sistem yang sudah berjalan pada penelitian ini diasumsikan menggunakan aplikasi OpenEMR, dan sebagai entitas sistem berjalan, maka sistem ini nantinya dapat digantikan dengan sistem lain atau sistem rekam medis elektronik lainnya yang ada di rumah sakit. Sistem baru yang digunakan pada penelitian adalah perangkat resusitator dan aplikasi berbasis mobile, dimana keberadaan sistem ini akan mendukung sistem sebelumnya, khususnya untuk memonitoring pasien Covid-19 yang menggunakan perangkat resusitator, dan hasil dari pemantauan ini akan disimpan melalui web apis berbasis GraphQL dan dilengkapi dengan sistem penyimpanan berbasis blockchain dengan menggunakan BigchainDB, pada penelitian ini disebut sebagai *FHIR Resource Server*.

Dari Gambar 4.8. menjelaskan mengenai langkah-langkah komunikasi yang akan terjadi dalam arsitektur kami (dimana data yang digunakan merupakan data *testing / dummy*), proses yang terjadi pada skenario tersebut sebagai berikut:

1. Perangkat IoT akan mengirim permintaan dengan parameter *username* dan *password* ke server autentikasi guna mendapatkan akses token yang akan digunakan berkomunikasi dengan server sumber daya FHIR untuk mendapatkan informasi seperti device yang tersedia untuk digunakan oleh seorang pasien.

2. *Unique Device Identifier (UDI)* yang diterima dari server sumber daya FHIR (Device Resource) akan digunakan untuk menghubungkan ke alat bantu resuscitator melalui *BLE (Bluetooth Low Energy)*. Luaran dari resuscitator berupa data text (*time series*) yang secara berkala akan dikirimkan ke perangkat IoT. Data text tersebut nantinya akan diterjemahkan oleh perangkat IoT ke dalam format

FHIR untuk disimpan ke dalam server sumber daya FHIR yang dapat disajikan dalam sebuah aplikasi lain, seperti dashboard monitoring pasien.

3. Apabila proses konektivitas selesai dilakukan, maka dari perangkat IoT device, pada skenario ini, nantinya pengguna akan disediakan fitur untuk menentukan tenaga medis yang bertanggung jawab dalam perawatan pasien. Penanggung jawab dalam konteks FHIR disebut sebagai *Practitioner*, data ini diperoleh dari Server OpenEMR melalui REST API. Data *Practitioner* inilah yang akan dikirimkan dalam satu format *Observation Resource* pada mekanisme pengiriman data dari perangkat IoT ke server sumber daya FHIR.

4. Proses pengiriman data observasi ke server sumber daya FHIR melalui GraphQL. Data yang telah disimpan di server sumber daya FHIR, nantinya akan digunakan oleh sistem baru yang ingin mengembangkan aplikasi baru di atas FHIR.

Dengan demikian untuk menambahkan sebuah sistem baru dapat dilakukan secara cepat dan terstandar, karena para pengembang cukup mengetahui mekanisme interoperabilitas ke FHIR (seperti Gambar 4.8. yang diberi tanda warna jingga), pengembang tidak perlu mempelajari web apis dari sistem rekam medis elektronik yang ada pada sebuah rumah sakit, dimana antar rumah sakit berpotensi memiliki perbedaan sistem rekam medis elektronik.

4.4. Hasil Analisis

Hasil analisis untuk skenario pengujian *response time* yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil analisis untuk skenario *response time*

Query	BigchainDB & FHIR		
	Load Test (milliseconds)	Retrieve Test (milliseconds)	Total Node
Q1 (insert data)	47 ms	-	1
Q2 (select all data)	-	0.32 ms	1
Q3 (insert data)	1430 ms	-	3
Q4 (select all data)	-	0.175 ms	3
Q5 (insert data) (Suresh Kumar Mukhiya, dkk, 2021)	480 ms	-	1
Q6 (select all data) (Suresh Kumar Mukhiya, dkk, 2021)	-	900 ms	1

Dari Tabel 4.3, diperoleh hasil dari proses pengujian untuk insert data pada GraphQL dengan basis data BigchainDB dan format FHIR pada sistem dengan jumlah node satu, response time yang diterima sebesar 47 ms. Hasil ini jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya untuk proses insert data jauh lebih cepat, pada penelitian sebelumnya dihasilkan response time sebesar 480 ms (Suresh Kumar Mukhiya, dkk, 2021). Proses penyimpanan pada tiga node server, response time yang diterima sebesar 1430 ms. Hal ini dikarenakan adanya mekanisme pengiriman data (transfer) ke seluruh node yang didalamnya terdapat prosedur yang diterapkan oleh BigchainDB, mulai dari generate key dan proses persetujuan transfer ke seluruh node yang telah terhubung. Proses pengujian untuk select all data pada GraphQL dengan basis data BigchainDB dan format FHIR pada sistem dengan jumlah node satu dan jumlah node 3, response time yang diterima sebesar 0.32 ms dan 0.175 ms. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya untuk proses select all data jauh lebih cepat, response time yang

dihasilkan pada penelitian sebelumnya sebesar 900 ms (Suresh Kumar Mukhiya, dkk, 2021).

Hasil pengujian untuk skenario batas permintaan (*request*) dapat dilihat pada Tabel 4.4. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa response yang diberikan untuk semua skenario berhasil dengan kode status 200.

Tabel 4.4. Hasil analisis untuk batas permintaan

Permintaan (<i>request</i>)	BigchainDB & FHIR			
	Jumlah Key	Bentuk Data	Jumlah Node	Kode Status (Ekspektasi Aktual)
P1 (select data sumber daya pasien beberapa <i>key</i>)	4	JSON	1	200 200
P2 (select data sumber daya pasien seluruh <i>key</i>)	8 (key maksimal)	JSON	1	200 200
P3 (select data sumber daya pasien beberapa <i>key</i>)	4	JSON	3	200 200
P4 (select data sumber daya pasien seluruh <i>key</i>)	8 (key maksimal)	JSON	3	200 200

Hasil pengujian untuk skenario batas pemberian data (*response*) dapat dilihat pada Tabel 4.5. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa response yang diberikan untuk semua skenario berhasil dengan kode status 200. Hasil tersebut memenuhi ekspektasi yang diharapkan, yakni kode status 200.

Tabel 4.5. Hasil analisis untuk batas pemberian data

Pemberian data (<i>response</i>)	BigchainDB & FHIR			
	Ukuran (KiloBytes)	Bentuk Data	Jumlah Node	Kode Status (Ekpektasi Aktual)
R1 (select 100 sumber daya pasien)	221,8 KB	JSON	1	200 200
R2 (select 200 sumber daya pasien)	442,8 KB	JSON	1	200 200
R3 (select 500 sumber daya pasien)	1.035,4 KB	JSON	1	200 200
R4 (select 1000 sumber daya pasien)	2.200 KB	JSON	1	200 200
R5 (select 2000 sumber daya pasien)	3.700 KB	JSON	1	200 200
R6 (select 3000 sumber daya pasien)	6.500 KB	JSON	1	200 200

Selanjutnya, besarnya dokumen yang berhasil disimpan dalam penelitian ini dari proses skenario-skenario sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 4.9. Gambar tersebut merupakan tampilan utama aplikasi MongoDB Compass yang telah memberikan informasi mengenai ukuran dan total aset yang disimpan. Ukuran dokumen yang dihasilkan untuk total aset 8.800 adalah 19.1 MB. Untuk kemampuan kapasitas menyimpan data, basis data ini memiliki ketergantungan pada media penyimpanan yang digunakan, sehingga semakin besar kapasitas penyimpanan data yang dimiliki, data yang dapat disimpan juga akan semakin besar.

Database	Collection	Size (Bytes)	Size (KB)	Size (MB)	Indexes
admin	system.indexes	1048576	1024	0.001	1
admin	system.users	1048576	1024	0.001	1
admin	system.roles	1048576	1024	0.001	1
admin	system.namespaces	1048576	1024	0.001	1
admin	system.namespaces	1048576	1024	0.001	1
admin	system.namespaces	1048576	1024	0.001	1
admin	system.namespaces	1048576	1024	0.001	1
admin	system.namespaces	1048576	1024	0.001	1
admin	system.namespaces	1048576	1024	0.001	1
admin	system.namespaces	1048576	1024	0.001	1

Gambar 4.9. Dashboard MongoDB Compass

Pengujian skenario terakhir pada penelitian ini, yakni menguji dengan 20 pengguna dan dijalankan selama 20 menit, maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.10. dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10. Response time yang dihasilkan oleh 20 pengguna



Gambar 4.11. Ukuran data yang dihasilkan oleh 20 pengguna

Dari Gambar 4.10, dan Gambar 4.11, nilai rata-rata yang dihasilkan untuk mengakses Web APIs dengan GraphQL adalah sebesar 7,95 ms, dan ukuran yang dihasilkan untuk semua pengguna relatif sama yakni sebesar 2.257 Bytes.

Pengetahuan baru yang dapat diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah data rekam medis elektronik dengan standar FHIR yang dianggap memiliki kompleksitas dan rumit karena banyaknya element yang dimiliki, dapat disimpan menggunakan sistem basis data NoSQL berbasis blockchain, yaitu BigchainDB dan dapat dipertukarkan menggunakan GraphQL. Skenario implementasi FHIR untuk mencapai interoperabilitas antara sistem berjalan dengan sistem baru yang akan dikembangkan dapat digunakan sebagai rujukan (Gambar 4.8) dalam pengembangan sistem informasi kesehatan di Indonesia.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Mekanisme pengintegrasian sistem berjalan dengan sistem baru menggunakan pendekatan FHIR, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan analisa terhadap bentuk data yang sudah disimpan pada sistem sebelumnya, kemudian dilakukan mekanisme transformasi data ke format FHIR yang kemudian hasilnya diujikan untuk disimpan pada sistem basis data, OpenEMR dan BigchainDB. Membuat web apis berbasis GraphQL dan FHIR yang digunakan untuk mengirimkan data observasi dari sistem baru, dan selanjutnya data tersebut akan disimpan ke dalam sebuah sistem *FHIR Resource Server*. Sistem ini akan digunakan oleh aplikasi - aplikasi baru yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung sistem berjalan. Sehingga dengan adanya beberapa tahapan tersebut interoperabilitas berbasis FHIR dapat dilakukan dengan baik.

2. Response time yang dihasilkan untuk menyimpan data berformat FHIR pada BigchainDB yang menggunakan lebih dari satu node, cenderung membutuhkan waktu yang lebih lama yakni sebesar 1.430 ms jika dibandingkan dengan satu node maupun basis data lainnya dari penelitian sebelumnya. Satu node server BigchainDB membutuhkan waktu sebesar 47 ms untuk menyimpan data, data satu node server pada penelitian sebelumnya membutuhkan waktu

sebesar 480 ms untuk menyimpan data. Response time pembacaan data berformat FHIR pada BigchainDB membutuhkan waktu sebesar 0,32 ms untuk satu node server dan 0,175 ms untuk tiga node server lebih cepat jika dibandingkan dengan basis data pada penelitian sebelumnya yakni sebesar 900 ms.

3. Pendekatan GraphQL yang diusulkan pada penelitian ini dapat menangani berbagai permintaan (*request*) mulai dari 4 key dan 8 key (jumlah key maksimal yang disediakan), keduanya memberikan kode response 200, artinya permintaan berhasil.

4. Pendekatan GraphQL yang diusulkan pada penelitian ini dapat mengirimkan data ke klien dengan ukuran rata-rata 2.257 Bytes (2,257 KB). Ukuran tersebut jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya jauh lebih kecil, ukuran data yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya yakni berkisar antara 10 - 15 KB. Hal ini perlu dikaji lagi terkait jumlah data yang digunakan, penelitian sebelumnya tidak disampaikan secara pasti terkait jumlah data yang digunakan.

5. Ukuran data yang dikirimkan oleh GraphQL relatif sama untuk 20 pengguna dalam kurun waktu 20 menit sebesar 2.257 Bytes (2,257 KB). Hal ini menunjukkan kestabilan yang dimiliki oleh GraphQL dalam mengelola permintaan (*request*).

6. Kemampuan pendekatan GraphQL untuk menangani 20 pengguna dalam kurun waktu 20 menit, menghasilkan waktu eksekusi yang lebih stabil, rata-rata waktu yang dibutuhkan sebesar 7,95 ms. Hal ini dikarenakan kemampuan GraphQL untuk menangani permintaan ganda, jika permintaan

serupa, maka data yang dikirimkan tidak perlu mengambil dari basis data, cukup dari skema yang telah disediakan sebelumnya.

5.2. Saran

BigchainDB masih memiliki kekurangan pada mekanisme pembuatan aset (insert data), khususnya untuk jumlah node lebih dari satu. Penelitian ini perlu dikembangkan lagi untuk penggunaan basis data berbasis blockchain lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih cepat pada saat penambahan datanya. Pendekatan dengan Hyperledger Fabric atau pun Avalanche perlu untuk dicoba dan dilakukan penelitian. Peneliti menyarankan untuk menggunakan Hyper Ledger Fabric untuk model bisnis seperti pada enterprise khususnya pada domain kesehatan yang menekankan pada aktivitas privat.

Dukungan pemerintah terhadap pengembangan sistem berbasis FHIR perlu disambut baik oleh para peneliti khususnya dibidang kesehatan. Penelitian tentang FHIR khususnya di Indonesia masih terbuka lebar, melihat dari pengalaman penelitian ini, masih minim sekali topik FHIR yang ditemukan di Indonesia.

Tantangan seperti perbedaan format data antara sistem yang sudah berjalan dengan format FHIR, kompleksitas format FHIR dan pemilihan sistem basis data yang tepat untuk menyimpan data rekam medis elektronik yang sangat kompleks. Dari beberapa tantangan tersebut dapat dijadikan sebagai evaluasi dan bahan penelitian-penelitian baru di atas FHIR.

DAFTAR PUSTAKA

PUSTAKA BUKU

- Benson, T., Grieve, G., 2021, Principles of Health Interoperability, Springer, Swiss
- Putri, S. I., Akbar, P. S., 2019, Sistem Informasi Kesehatan, Uwais Inspirasi Indonesia, Sidoarjo
- World Health Organization, 2002, Medical Records Manual A Guide For Developing Countries, Regional Office for the Western Pacific United Nations Avenue 1000 Manila, Philippines
- Arief, M., Handoko, D., Ba'abdullah, F., Wicaksana, I., Karim, S., 2008, Kerangka Acuan dan Pedoman Interoperabilitas Sistem Informasi Instansi Pemerintah, DEPKOMINFO, Jakarta

PUSTAKA MAJALAH, JURNAL ILMIAH ATAU PROSIDING

- Pramudyo, G.N., Irawati, I., 2021, Kerjasama HELLIS Indonesia dan Indonesia Onesearch dalam Menyediakan Sumber informasi Kesehatan dan Kedokteran : Sebuah Kajian Literatur, Lentera Pustaka: Jurnal Kajian Ilmu Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan, Volume 7 Issue 1
- Berdik, D., Otoum, S., Schmidt, N., Porter, D., Jararweh, Y., 2021, A Survey on Blockchain for Information Systems Management and Security, Information Processing and Management, Volume 58 Issue 1
- Mukhiya, S.K., 2021, An HL7 FHIR and GraphQL approach for interoperability between heterogeneous Electronic Health Record systems, Health Informatics Journal, Volume 27 Issue 3
- Sun, J., Yao, X., Wang, S., Wu, Y., 2020, Blockchain-Based Secure Storage and Access Scheme for Electronic Medical Records in IPFS, IEEE Access, Volume 8
- Irwandy, Rizki, F., Noor, N.B., Mangilep, A.U.A., 2020, Analysis of filling completion and facilities of medical records at Stella Maris Hospital in Makassar Indonesia, Enfermeria Clinica, Volume 30

- Namasudra, S., Deka, G.C., Johri, P., Hosseinpour, M., Gandoni, A.H., 2020, The Revolution of Blockchain : State - of - the - Art and Research Challenges, Archives of Computational Methods in Engineering
- Saragih, C., Moch, B.N., Sari, C.N., Muslim, E., 2020, Adoption of Electronic Medical Record in Hospitals in Indonesia based on Technology Readiness and Acceptance Model
- Mukhiya, S.K., Rabbi, F., Pun, V.K.I, Rutle, A., Lamo, Y., 2019, A GraphQL approach to Healthcare Information Exchange with HL7 FHIR, Procedia Computer Science, Volume 160
- Marier, S.M., 2018, Potensi Interoperabilitas Sistem Informasi Rumah Sakit Untuk Penerapan Standar Pertukaran Data HL7, Jurnal Sistem Informasi, Volume 5341 Issue October
- Hussain, M.A., Langer, S.G, Kohli, M., 2018, Learning HL7 FHIR Using the HAPI FHIR Server and Its Use in Medical Imaging with the SIIM Dataset, Journal of Digital Imaging, Volume 31 Issue 3
- Rosyada, A., Lazuardi, L., Kusriani, 2016, Persepsi Petugas Kesehatan Terhadap Peran Rekam Medis Elektronik Sebagai Pendukung Manajemen Pelayanan Pasien di Rumah Sakit Panti Rapih, Journal of Information Systems for Public Health, Volume 1 Issue 2
- Kasthurirathne, S.N., Mamlin, B., Kumara, H., Grieve, G., Biondich, P., 2015, Enabling Better Interoperability for HealthCare: Lessons in Developing a Standards Based Application Programming Interface for Electronic Medical Record Systems, Journal of Medical Systems, Volume 39 Issue 11
- Schenarts, P.J., Schenarts, K.D., 2012, Educational Impact of the Electronic Medical Record, Journal of Surgical Education, Volume 69 Issue 1
- Ludwick, D. A., Doucette, J., 2009, Adopting Electronic Medical Records in Primary Care: Lessons Learned from Health Information Systems Implementation Experience in Seven Countries
- Ross, J. 2009, Electronic Medical Records: The Promises and Challenges, Journal of Perianesthesia Nursing, Volume 24 Issue 5
- Goodman, C., 2005, Savings in Electronic Medical Record Systems? Do It for The Quality, Health Affairs, Volume 24 Issue 5
- Handoko, F. D., Fauzi, A., Ryan, D., Kurniasih, F., Mutiara, P., Afifi, S. T., 2022, Jurnal Ilmu Hukum Humaniora dan Politik: Transformasi Data menjadi Informasi pada Bisnis Intelijen, Volume 2 Issue 3

PUSTAKA ELEKTRONIK

GraphQL, 9 September 2021, A query language for your API, <https://graphql.org>

BigchainDB, 9 September 2021, Features & Use Cases, <https://www.bigchaindb.com/features>

HL7 FHIR, 9 September 2021, Getting Started with FHIR, <https://build.fhir.org/modules.html>

AIforCOVID, 17 Juni 2021, Welcome to the AIforCOVID imaging archive, <https://aiforcovid.radiomica.it>

Kemkes, 25 April 2022, Kemkes Mulai Uji Coba Platform Indonesia Health Service, <https://www.kemkes.go.id/article/view/22042600001/kemkes-mulai-uji-coba-platform-indonesia-health-service.html>

Kastowo, Danang, 21 Februari 2021, Kode Program Penelitian, https://github.com/kastowo/bigchaindb_fhir

VOI, 15 Oktober 2022, Menkes: Integrasi Layanan Kesehatan Digital Paling Lambat Akhir 2023, <https://voi.id/berita/190824/menkes-integrasi-layanan-kesehatan-digital-paling-lambat-akhir-2023>

SENWODIPA, 8 November 2020, Perspektif Implementasi FHIR dalam Rekam Kesehatan Elektronik, <https://www.esaunggul.ac.id/event/perspektif-implementasi-fhir-dalam-rekam-kesehatan-elektronik>