

# Implementasi Algoritma Konsensus *Proof-of-Work* dalam *Blockchain* terhadap Rekam Medis

## *Implementation of Proof-of-Work Consensus Algorithm in Blockchain for Medical Records*

Liza Wikarsa<sup>1)</sup>, Thomas Suwanto<sup>2)</sup>, Chrisdityra Lengkey<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Informatika; Fakultas Teknik Univesitas Katolik De La Salle Manado Kombos – Kairagi I Manado  
<sup>1,2,3</sup>Kombos – Kairagi I Manado, 95000, Telp/Fax: 0431-877512

lwikarsa@unikadelasalle.ac.id<sup>1)</sup>, tsuwanto@unikadelasalle.ac.id<sup>2)</sup>, chrisdityralengkey@gmail.com<sup>3)</sup>

Diterima : 16 Oktober 2021 || Revisi : 21 Juni 2022 || Disetujui: 23 Juni 2022

**Abstrak** – Dalam bidang penyimpanan data, terutama pada pencatatan transaksi, diperkenalkan teknologi *blockchain*. Penelitian ini menggunakan teknologi *blockchain* untuk mengelola catatan medis yang berisi riwayat medis rahasia pasien dan perawatan medis. Sebagian besar fasilitas kesehatan di Indonesia sudah mulai mengubah cara pencatatan rekam medis menjadi rekam medis berbasis elektronik. Namun, masalah keamanan data masih menjadi perhatian terbesar terhadap perawatan kesehatan karena pelanggaran dapat mengekspos catatan pribadi pasien. Kerentanan data dalam pelayanan kesehatan juga dapat mengakibatkan kesalahan pengobatan yang membahayakan keselamatan pasien. Untuk mengatasi masalah tersebut, teknologi *blockchain* dapat digunakan untuk keamanan pengelolaan rekam medis. Penelitian ini menggunakan *Private Blockchain* dan *Consensus Proof-of-work* (PoW) untuk memproses data yang direkam ke dalam *blockchain*. SHA-256, algoritma kriptografi asimetris, diterapkan untuk menghasilkan sepasang kunci pengenkripsi dan pendeskripsi data rekam medis. Data yang disimpan dalam *blockchain* akan secara otomatis didistribusikan ke setiap layanan kesehatan di jaringan *blockchain*. Dokter akan mengakses rekam medis melalui sistem berbasis web dengan menggunakan token yang sebelumnya dihasilkan oleh pasien di sistem Android. Dengan begitu, dokter dapat mengetahui rekam medis pasien tanpa melanggar privasi pasien dan pasien dapat terhindar dari kesalahan penanganan.

**Kata Kunci:** *Private Blockchain, Proof-of-work, Kriptografi Asimetris, SHA-256, Rekam Medis*

**Abstract** – In various fields of data storage, especially in recording transactions, blockchain technologies are introduced. This study uses blockchain technologies to manage medical records that contain a patient's confidential medical history and medical treatments. Most health facilities in Indonesia have begun to change the method of recording medical records into electronic-based records. However, the issues of data security are still the biggest concern for health care as the breach may expose the personal records of the patients. Data vulnerabilities in health care can also result in medication errors endangered the patients' safety. To overcome this problem, blockchain technology can be used for the security of medical record management. Hence, this study uses a *Private Blockchain* and *Consensus Proof-of-work* (PoW) to process recorded data into the blockchain. SHA-256, an asymmetric cryptographic algorithm, is applied, to generate a pair of keys to encrypt and decrypt the medical record data. The data stored in the blockchain will be automatically distributed to every health service on the blockchain network. Doctors will access medical records through a web-based system, using tokens previously generated by patients on the Android system. Hence, the doctor can find out the patient's medical record without violating the patient's privacy, and the patient can avoid mishandling.

**Keywords:** *Private Blockchain, Proof-of-work, Kriptografi Asimetris, SHA-256, Medical Record*

### PENDAHULUAN

*Blockchain* merupakan istilah baru dalam penyimpanan data dan juga pencatatan transaksi yang awalnya dikenal dalam penggunaan *Bitcoin* (Noor, 2020). Dalam *blockchain* terdapat blok-blok yang

terinkripsi dan terhubung satu sama lain (terdistribusi) yang bersifat *append-only*. Setiap blok terdiri dari data, *hash* blok tersebut dan blok sebelumnya sebagai penghubung (Sugiharto & Musa, 2020). Apabila *hash* tersebut berubah, blok tersebut akan dianggap tidak sah dalam *blockchain* tersebut. *Hash*

merupakan kode unik yang berbeda setiap bloknnya, hal tersebut dilakukan dengan cara *hashing* yang merupakan proses kriptografi menggunakan algoritma dan biasanya dalam *blockchain* digunakan SHA-256 (Wijaya, 2016). Semakin panjang rantai *blockchain*, semakin rumit nilai *hash* yang akan dicari.



Gambar 1 Proses *Proof-of-work* dalam Blockchain (Vazirani, O'Donoghue, Brindley, & Meinert, 2020)

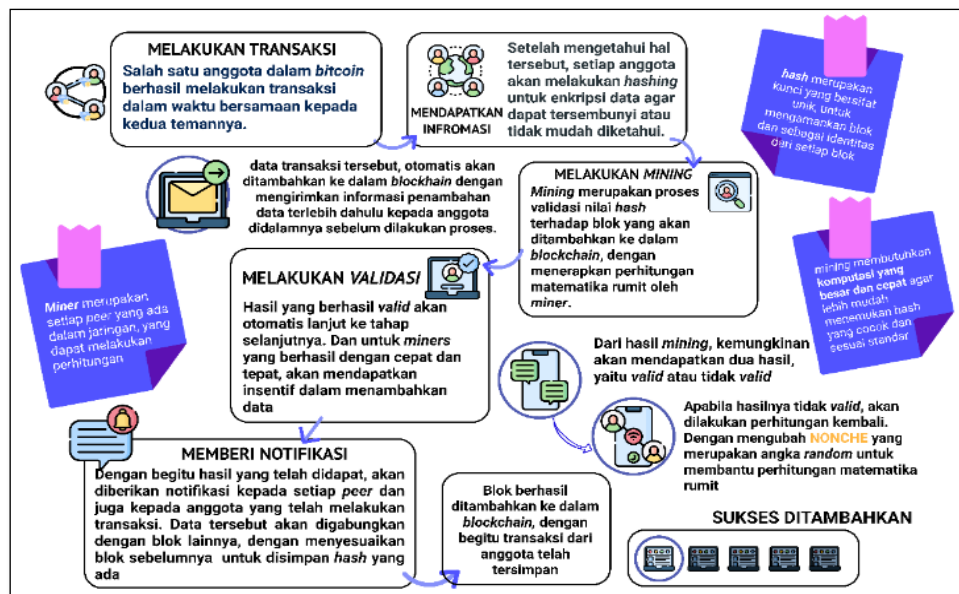
*Blockchain* memiliki kumpulan pengguna yang tergabung dalam jaringan tertentu yang disebut (*peer*). Penggunaan *blockchain* terdiri atas dua jenis, yaitu *public blockchain* dan *private blockchain* yang merupakan *blockchain* dengan otoritas khusus untuk melakukan pengelolaan (Sugiharto & Musa, 2020), jenis *blockchain* inilah yang akan digunakan pada pembuatan sistem ini.

Dalam *blockchain* terdapat proses, yaitu *consensus* untuk menjamin penambahan data yang dilakukan *valid* oleh setiap *peer*. *Consensus* dapat diimplementasikan melalui beberapa pendekatan,

sebagai contoh, yaitu *mining* atau *Proof-of-work* (PoW). PoW merupakan pencatatan data yang dilakukan melalui implementasi perhitungan matematika rumit dalam melakukan validasi penambahan data oleh pengguna atau disebut *miner* (Sugiharto & Musa, 2020).

*Blockchain* dapat digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya bidang kesehatan, yaitu pada bagian Rekam Medis (Martono, 2020). Rekam medis merupakan dokumen bersifat rahasia yang berisi riwayat kesehatan pasien sebagaimana diatur dalam Pasal 47 Undang-Undang No.29 tahun 2004 tentang Praktik Kedokteran. Pasien juga berhak mendapatkan rekam medis, sebagaimana diatur dalam Pasal 52 Undang-Undang No.29 tahun 2004 bagian E (Handayani & Feoh, 2016).

Pencatatan rekam medis pada kebanyakan fasilitas kesehatan mulai diubah menjadi pencatatan berbasis elektronik, untuk menghindari kesalahan penulisan dan membaca serta ketergantungan terhadap dokumen kertas (Mathar, 2018). Akan tetapi secara elektronik, masih terdapat masalah karena dokumen dapat dimanipulasi atau diakses secara tidak bertanggung jawab. Masalah juga dapat terjadi dalam penanganan medis (*medication error*) yang salah satunya, adalah pemberian obat akibat kekurangan informasi (Hanafiah & Amir, 2009). Penggunaan PoW *blockchain* bukanlah suatu hal yang baru diterapkan.

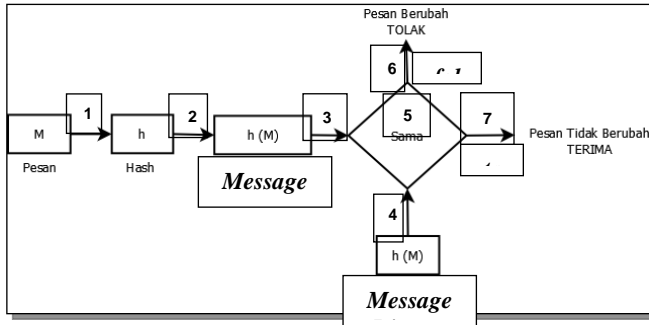


Gambar 2 Proses *Proof-of-work* dalam Blockchain (Azaria, Ekblaw, Viera, & Lippman, 2016)

Sebelumnya sudah terdapat beberapa penelitian serupa dengan konsep-konsep yang berbeda-beda. Artikel berjudul *Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management* oleh Azaria et al.

menunjukkan, bahwa teknologi *blockchain* berbasis *framework Ethereum* yang merupakan *framework model Public Network* (Azaria, et al., 2016). Penelitian berikutnya dilakukan oleh Kumar berkaitan

dengan *Proof-of-Work Consensus Approach in Blockchain Technology for Cloud and Fog Computing Using Maximization-Factorization Statistic* pada tahun 2019 (Kumar, et al., 2019). Penelitian ini menggunakan perhitungan konsensus PoW dengan metode statistika.



Gambar 3 Tahap Hashing (Sembiring, Manik, & Tengkuzaidah, 2019)

Penelitian yang kami lakukan berbeda dengan penelitian sebelumnya. Pertama, pembangunan sistem *blockchain* untuk rekam medis kami tidak menggunakan platform *Hyperledger*, karena *Blockchain* yang digunakan bukan jenis *Permission Blockchain*. Sistem yang dibuat dalam penelitian ini membutuhkan hak akses untuk rekam medisnya sehingga diperlukan jenis *private blockchain* untuk menjaga keamanan data. Penelitian kami juga tidak menggunakan perhitungan statistika seperti yang dilakukan oleh Kumar et al. karena akan lebih fokus melihat dampak yang dihasilkan dengan adanya aplikasi.

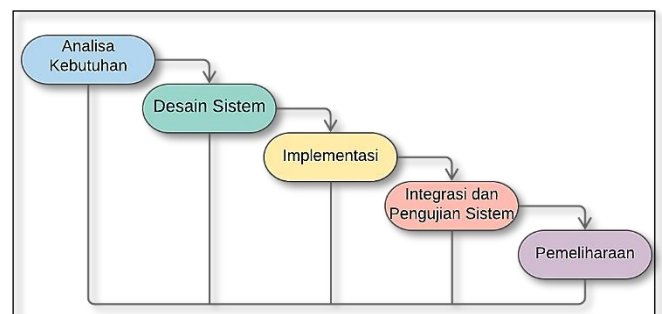
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan konsensus *proof-of-work* dalam *blockchain* ke dalam sistem Pencatatan Rekam Medis yang dapat menjaga integritas data rekam medis agar dapat mengurangi *medication error*. *Medication error* bisa berkurang ketika semua fasilitas medis memiliki catatan medis yang sama dari seorang pasien, sehingga walaupun pasien berpindah fasilitas kesehatan, tenaga medis selalu bisa melihat ke satu catatan medis. Sistem ini menggunakan algoritma konsensus PoW agar data tersimpan dengan aman melalui jenis *private blockchain* yang dapat membuat token secara otomatis dari pasien. Token ini akan diberikan kepada dokter untuk mengakses data rekam medis dari pasien tersebut. Selain itu, dokter bisa juga menambah data rekam medis baru ke dalam *block* baru melalui proses *mining*. Penyimpanan data akan disimpan dengan menggunakan *Filed-Based Data Management System*, Sistem *blockchain* yang dibangun ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pasien

untuk meningkatkan kualitas penanganan medis karena adanya riwayat kesehatan yang tersedia kapan saja saat dibutuhkan tanpa melanggar privasi pasien. Sementara itu, manfaat untuk tenaga medis adalah mengurangi *medication error* yang dapat membahayakan nyawa pasien.

Struktur penulisan dapat dilihat mulai pada bagian pendahuluan. Setelah itu, metodologi penelitian, yang menjelaskan hal-hal yang digunakan dan diperlukan dalam penelitian seperti data, pemodelan, dan lainnya. Bagian terakhir akan menyajikan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Adapun metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Waterfall*. *Waterfall* merupakan salah satu model pengembangan dalam *Software Development Life Cycle (SDLC)* (Firmansyah & Udi, 2018). Representasi diagram model *waterfall* digambarkan mulai dari fase pertama dari pengembangan pada pojok kiri diagram dan diikuti dengan fase proyek. Selanjutnya (*work product*) (Sasmito, 2017) pada bagian kanan bawah dari diagram. *Waterfall Methodology* yang menjadi versi paling umum yang didalamnya mencakup mekanisme umpan balik untuk perbaikan sistem. Berikut adalah fase-fase dalam *Waterfall Methodology* (Sasmito, 2017; Charvat, 2003):



Gambar 4 Waterfall Methodology (Charvat, 2003)

1. Analisis Kebutuhan. Mengidentifikasi dan menganalisis beberapa *medication error* yang pernah terjadi di klinik dan puskesmas di kota Manado. Pengumpulan data rekam medis didapat dari tiga klinik dan tiga puskesmas di mana nama pasien dihapus untuk menjaga keamanan data pasien tersebut. Sebagai gantinya, setiap pasien diberikan kode pasien yang unik.
2. Desain sistem berisi aturan penggunaan sistem, rancangan sistem dari setiap modul yang dibuat,

rancangan antarmuka sistem, rancangan basis data, dan lainnya. Kakas pemodelan yang digunakan adalah *Unified Modeling Language* (UML) versi 2.5.

3. Implementasi rancangan yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya, termasuk pemrograman modul program, basis data, antarmuka aplikasi, dan lainnya.
4. Integrasi dan pengujian sistem dilakukan untuk mengecek implementasi berhasil atau tidak.
5. Pemeliharaan tidak dibahas dalam penelitian ini.

**Analisis Sistem**

Pada bagian ini akan dibahas mengenai permasalahan mengenai *medication error* melalui pembagian kuisisioner *online* dalam bentuk *link* kepada kerabat ataupun keluarga sekitar agar dapat menjadi partisipan untuk menjawab.

**Gambar 5** Contoh Rekam Medis Klinik (Syifani & Dores, 2018)

Dari hasil pembagian kuisisioner terhadap 74 responden yang diambil secara acak di tiga Klinik dan puskesmas di kota Manado melalui *Google form*, di diperoleh data, bahwa lebih dari 50% responden penelitian ini berusia dari 17 tahun sampai 35 tahun dan hampir keseluruhan bukan merupakan tenaga medis. Hasil jawaban responden pada bagian kedua,

51,4% diantaranya memiliki rekam medis dan 66,2% mengetahui riwayat kesehatannya.

Terhadap pertanyaan bagian pengalaman kesalahan rekam medis, terdapat 30 orang yang menjawab kejadian tersebut khususnya terjadi pada orangtua dan diri mereka sendiri. Terdapat 79% mengalami satu kali kesalahan medis dan 21% mengalami dua sampai tiga kali kesalahan. Kesalahan medis paling sering dialami terjadi akibat kesalahan diagnosa penyakit dan infeksi (58,3%), diikuti dengan kesalahan pemberian obat (41,7%), dan sisanya adalah kesalahan penanganan atau pengobatan. Kebanyakan dari jawaban responden, kesalahan penanganan ini terjadi akibat tenaga medis yang salah melakukan tindakan (54,2%), tidak memiliki catatan rekam medis yang lengkap (29,2%).

**Gambar 6** Contoh Rekam Medis Puskesmas (Mathar, 2018)

Efek samping dari kesalahan pemeriksaan terjadi ketika menjalani perawatan di rumah sakit (50%) sehingga menyebabkan gangguan pada tubuh pasien (37,5%).

Kesimpulannya, hampir 50% responden pernah mengalami kesalahan (*medication error*) yang diakibatkan karena salah penanganan yang dilakukan tenaga medis dan juga tidak memiliki catatan rekam

medis yang lengkap. Hal ini menyebabkan responden harus menjalani perawatan lebih lanjut di rumah sakit.

Rekam medis memiliki jenis yang disesuaikan dengan isinya, salah satunya yaitu untuk rawat jalan (Hanafiah & Amir, 2009). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 269/Menkes/PER/III/2008 tentang isi rekam medis untuk pasien rawat jalan (Triyatni & Weningsih, 2018), yaitu:

1. Identitas pasien yang berisi usia, jenis kelamin dan golongan darah.
2. Tanggal dan waktu pemeriksaan.
3. Hasil anamnesis seperti riwayat pemeriksaan dan keluhan utama pasien.
4. Laporan pemeriksaan fisik seperti hasil pemeriksaan laboratorium, foto *rontgen*, *scanning*, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), dan sebagainya.
5. Diagnosis atau hasil pemeriksaan gejala-gejala melalui cara dan alat seperti laboratorium, foto atau klinik, yang digunakan untuk membandingkan tanda klinis antara penyakit satu dengan yang lainnya.
6. Rencana penatalaksanaan, yaitu keterangan untuk tindakan atau hal-hal yang perlu dilakukan pasien untuk proses penyembuhan.
7. Pengobatan dan/atau tindakan yang dilakukan tenaga medis contohnya memberikan suntik vitamin atau pemberian obat.
8. Odontogram klinik khusus untuk pasien dengan kasus perawatan gigi
9. Persetujuan tindakan yang hanya digunakan saat diperlukan. Seperti contoh operasi atau lainnya yang biasanya menggunakan tanda tangan atau dapat juga dilakukan oleh orangtua atau wali pasien.

Berdasarkan analisis tersebut, sistem ini digunakan untuk menyimpan dan mengamankan data rekam medis dengan menggunakan *blockchain*. Data rekam medis nantinya akan diakses oleh dokter melalui sistem *web*, dengan menggunakan token yang dibuat sebelumnya oleh pasien melalui sistem *Android*. Setelah melakukan pemeriksaan, dokter akan menambahkan data hasil pemeriksaan pasien. Data pasien tersebut sebelum ditambahkan, akan dilakukan *mining* oleh dokter agar mendapatkan *hash* yang merupakan kode unik untuk mengamankan setiap data yang ada pada *blockchain*.

Dibutuhkan juga beberapa spesifikasi-spesifikasi, aturan-aturan untuk penggunaan aplikasi. Pertama

persyaratan fungsional seperti, sistem dapat menampilkan rekam medis dengan menggunakan token dari pasien, *mining* dapat dilakukan oleh dokter yang melakukan pemeriksaan dan hasil pemeriksaan yang baru akan tersimpan dalam bentuk folder yang penamaannya otomatis dari sistem. Selain itu, untuk persyaratan nonfungsional adalah sistem untuk dokter dapat berjalan di *browser*, misalnya Google Chrome versi 87 ke atas dan sistem untuk *Android* dapat berjalan pada versi 8.0-11.0 atau iOS versi 12.4.5-12.5.2. Terdapat juga persyaratan nonfungsional dalam hal keamanan, yaitu untuk masa berlaku token, hanya dapat digunakan kurang dari satu jam dan data rekam medis yang telah ditambahkan tidak dapat dimanipulasi atau dihapus.

### Desain Sistem

Dalam melakukan visualisasi, spesifikasi, membangun hingga dokumentasi sistem pengembangan *software* digunakan UML. Pada saat melakukan *requirements*, *design*, *source code*, *project plan* atau bahasa pemrograman, seperti JAVA, C++, *visual basic* dapat dihubungkan ke dalam sebuah *object-oriented database*. Versi UML yang digunakan, merupakan versi UML 2.0 (Binner & Spence, 2004).

### Implementasi Sistem

Sistem yang dibuat dibagi atas dua jenis, yaitu berbasis web untuk tenaga medis dan berbasis *Android* untuk pasien. Namun keduanya menggunakan bahasa pemrograman yang sama, yaitu PHP, *Javascript*, dan *Python*. Dalam penyimpanan data, jenis format data yang akan disimpan, yaitu *Comma Separated Value* (CSV). Penerapan Teknologi Blockchain pada sistem ini menggunakan Library yang sudah ada, yaitu dari Pycryptodome.

### Pengujian

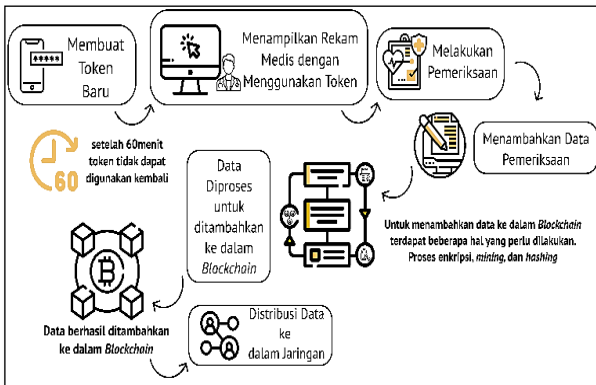
Setelah melakukan implementasi, terdapat tahap selanjutnya dalam metodologi *Waterfall* untuk melakukan Integrasi dan Pengujian. Tujuannya, untuk menguji apakah sistem telah sesuai dan tidak mengalami kendala. Beberapa kriteria pengujian dalam penelitian ini meliputi penggunaan *browser* untuk menjalankan aplikasi, mendapatkan kode token yang baru, menampilkan rekam medis dengan menggunakan token. Setelah pengujian sesuai berdasarkan kriterianya, hasil tersebut akan dievaluasi performanya.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada tahapan ini, akan dijabarkan hasil dari analisis dan implementasi sistem yang telah dirancang ke dalam penulisan kode (*coding*). Selain itu, juga terdapat hasil dari pengujian yang telah dilakukan dalam pembuatan sistem.

**Perancangan Arsitektur**

Perancangan arsitektur merupakan kumpulan perancangan alur sistem yang dibuat dalam sistem ini. Alur penggunaan sistem dapat dilihat pada Gambar 7.

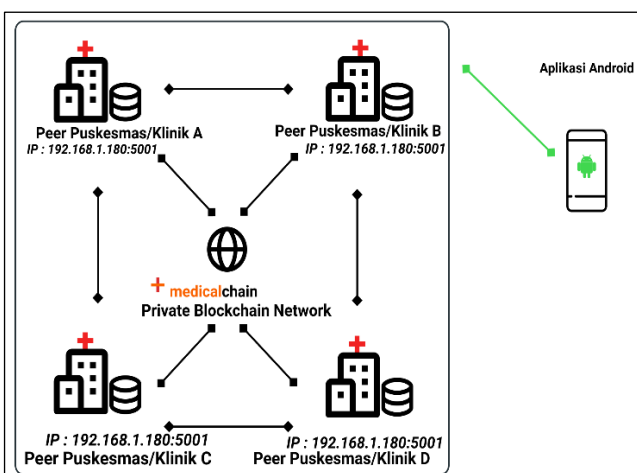


**Gambar 7** Alur Penggunaan Sistem

Dalam setiap proses tersebut, terdapat model perancangan, alur dari penggunaan sistem secara keseluruhan.

**1. Blockchain**

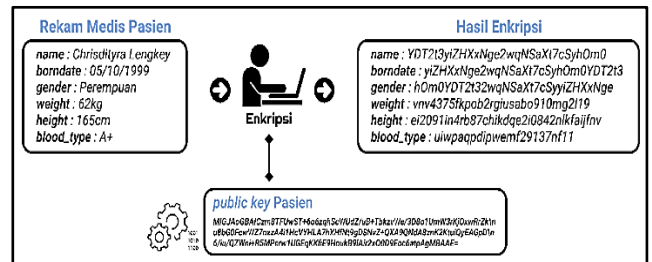
Gambar 8 menjelaskan bagaimana proses distribusi pengolahan data antara setiap layanan kesehatan dan sistem dalam jaringan *blockchain* ini. Setiap ada data baru, data tersebut akan ditambahkan ke dalam blok melalui proses *mining*. Setelah itu, data yang baru otomatis langsung terdistribusi ke dalam jaringan *blockchain* ini ditampilkan pada sistem *Android* sesuai data pasien.



**Gambar 8** Alur Distribusi *Blockchain*

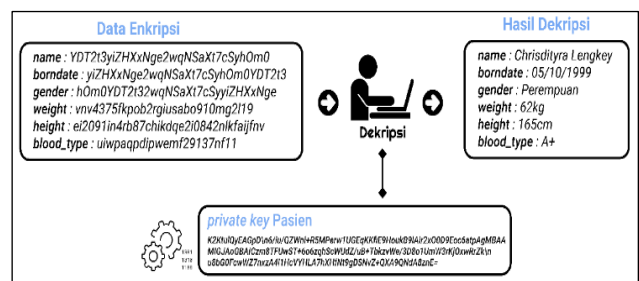
**2. Kriptografi**

Proses kriptografi yang digunakan dalam sistem ini, yaitu kriptografi asimetris SHA-256. Kriptografi asimetris ini, akan menggunakan kunci masing-masing pada setiap prosesnya.



**Gambar 9.** Alur Enkripsi

Terdapat dua proses dalam kriptografi, yaitu enkripsi dan dekripsi. Proses enkripsi ini dilakukan dengan menggunakan *public key*. Data awalnya dalam bentuk *plain text*, setelah melakukan enkripsi data akan berubah dalam bentuk *chiphertext*.



**Gambar 10** Alur Dekripsi

Selanjutnya adalah proses Dekripsi yang dapat dilihat pada Gambar 1. Kebalikan dari proses enkripsi, proses dekripsi akan mengubah data yang berbentuk *chiphertext* menjadi *plain text*. Namun, bedanya untuk melakukan dekripsi, diperlukan *private key* dan bukan lagi *public key*.

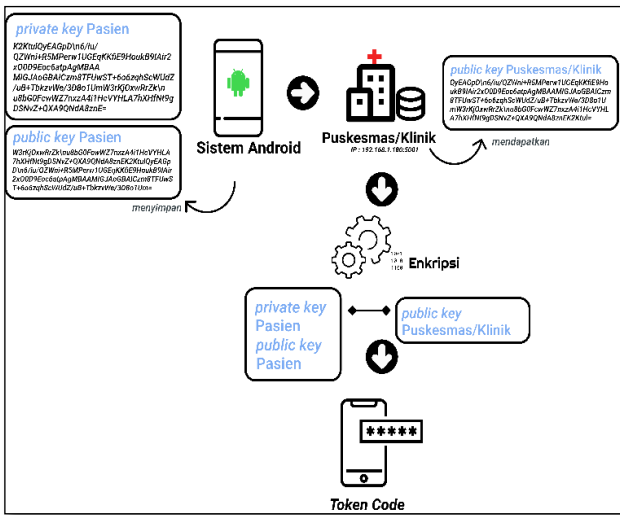
**3. Pembuatan Token**

Token yang akan digunakan untuk mengakses data rekam medis pasien pada sistem web, sebelumnya dibuat dahulu melalui sistem *Android*. Pada sistem *Android*, data pasien yang tersimpan akan dilakukan enkripsi dengan menggunakan *public key* dari layanan kesehatan. Setelah berhasil dilakukan enkripsi, data tersebut akan dibuat dalam bentuk token untuk dapat digunakan dokter.

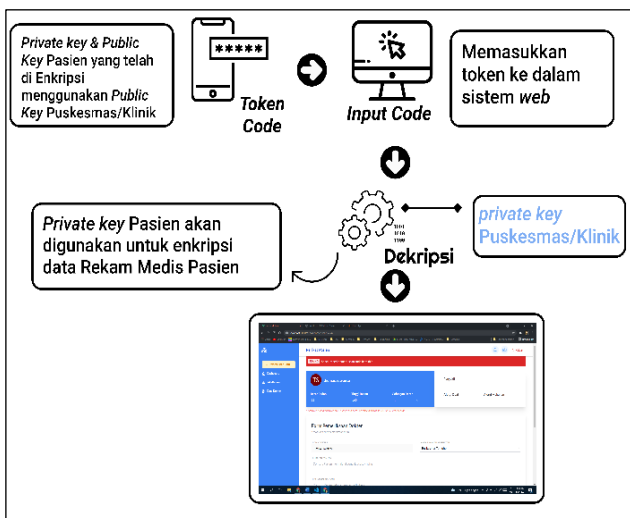
**4. Akses Rekam Medis**

Dalam mengakses rekam medis, data awalnya harus dilakukan dekripsi dahulu agar dapat

terbaca oleh dokter. Proses dekripsi tersebut dilakukan dengan menggunakan *private key* pasien yang terdapat dalam token yang telah diberikan.

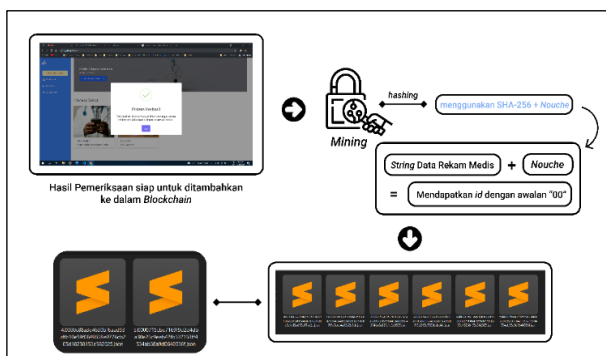


Gambar 11 Alur Pembuatan Token



Gambar 12 Alur Akses Rekam Medis

5. Mining



Gambar 13 Alur Mining

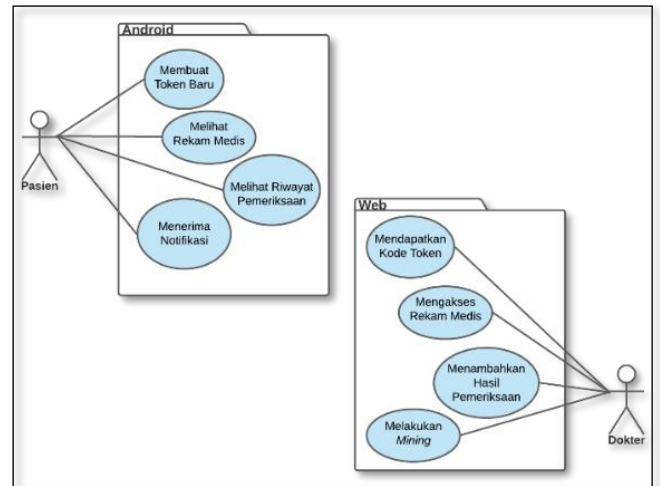
Proses *mining* dilakukan setelah hasil pemeriksaan berhasil dilakukan enkripsi. *Mining* dilakukan dengan melakukan *hashing* dimana data dalam hal ini rekam

medis dikelola menjadi string dengan SHA-256 dan dikolaborasi dengan nilai *random* (*Nouche*) untuk mencari nilai *hash* dengan kode "00". Apabila *hash* data tersebut berhasil sesuai dengan kode, itu berarti data telah berhasil ditambahkan ke dalam *blockchain*.

Perancangan Modul

Perancangan modul, dijabarkan dalam bentuk UML yang terdiri dari *use case diagram*, *activity diagram*, dan *class diagram*.

1. Use case diagram



Gambar 14 Use Case Diagram Sistem

Dalam *use case* terdapat dua *package*, yaitu untuk sistem *Android* dan juga sistem *web*. Dalam kedua *package* tersebut, terdapat pengguna masing-masing, yaitu dokter dan pasien.

2. Class diagram

Terdapat sepuluh *class diagram* yang ada dalam sistem ini. Setiap *class* saling terhubung satu sama lain, yang telah disesuaikan dengan kebutuhan di setiap *platform* sistem *Android* maupun sistem *web*.

3. Activity diagram

Proses-proses yang dilakukan dalam sistem *platform Android* maupun *Web*, akan dijabarkan dalam beberapa *activity diagram* pada Gambar 16.

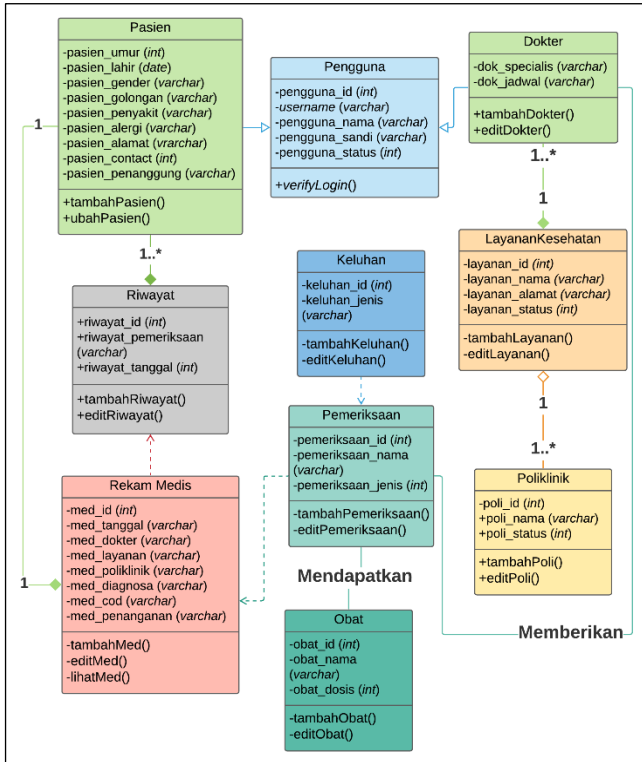
Pemodelan Antarmuka Sistem

Untuk menggambarkan kegiatan yang dilakukan dalam sistem dijabarkan dalam pemodelan antarmuka. Dengan adanya pemodelan antarmuka sistem, maka dapat dilihat mulai dari penggunaan fungsi, hubungan antar halaman, dan proses pada sistem *Android* ataupun *Web*.

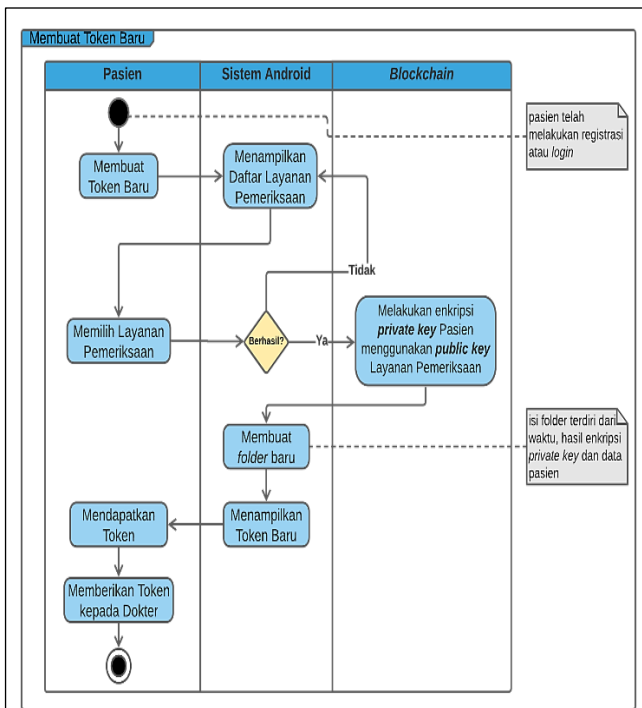
1. Pemodelan Antarmuka Sistem Android

Dalam rancangan antarmuka sistem *Android* ini

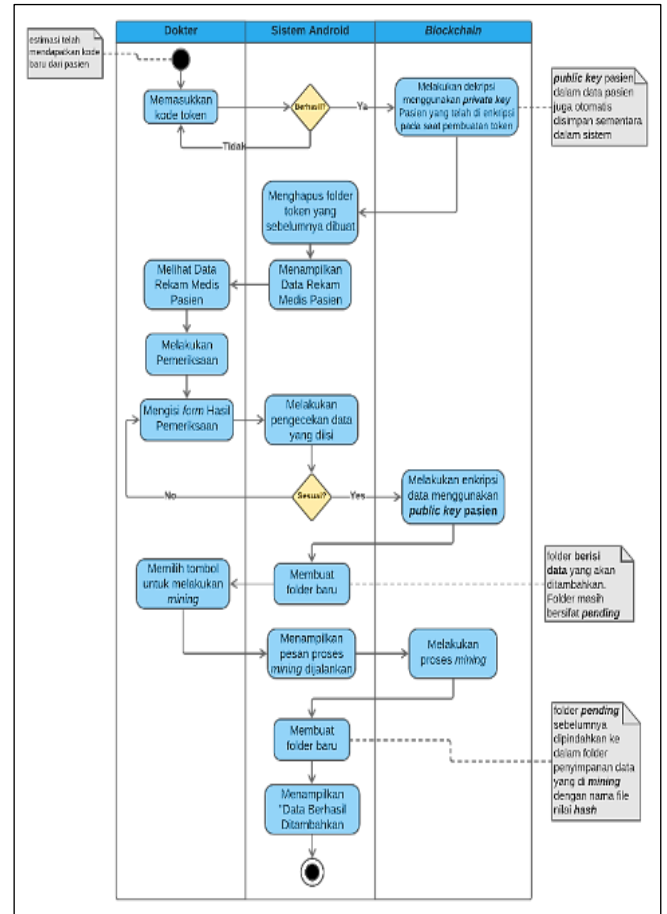
Gambar 19 dapat dilihat terdapat bagian untuk pasien memasukkan nama pengguna dan juga kata sandi. Setelah berhasil masuk, sistem akan menampilkan halaman untuk *generate* token seperti pada Gambar 20.



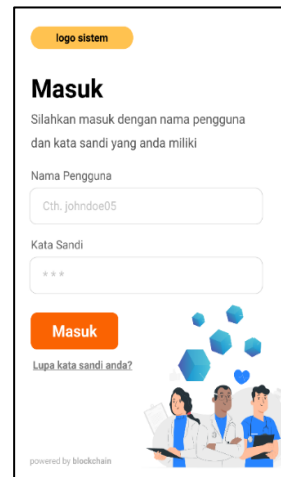
Gambar 15 Class Diagram Sistem



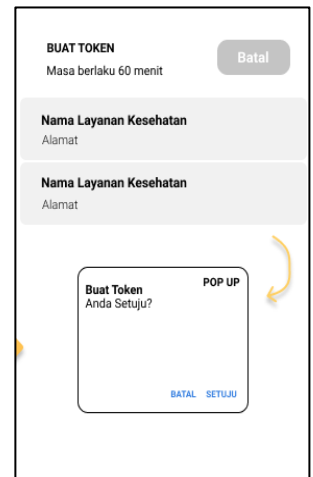
Gambar 16 Activity Diagram Sistem Android



Gambar 17 Activity Diagram Sistem Web



Gambar 18 Halaman Login

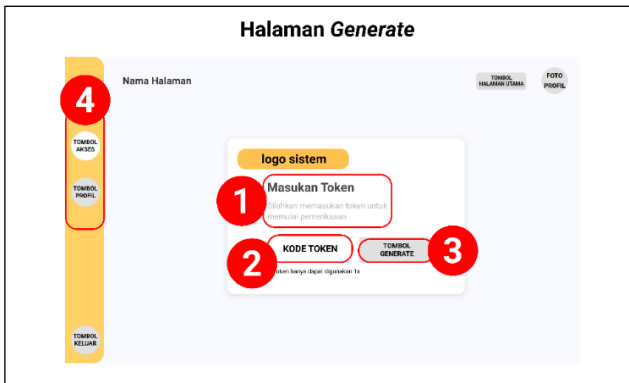


Gambar 19 Halaman Membuat Token

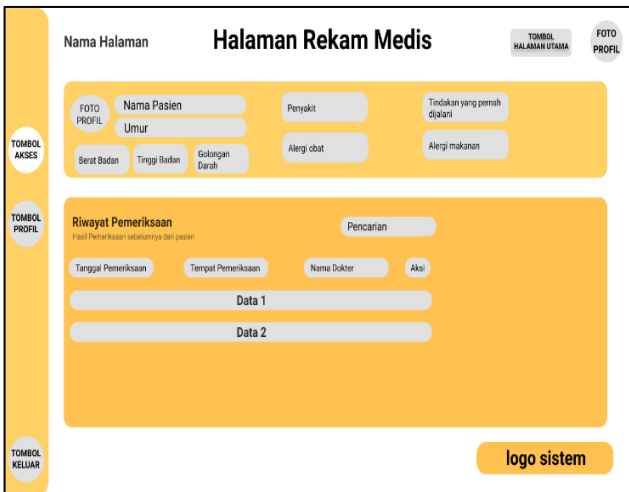
## 2. Pemodelan Antarmuka Sistem Web

Pada Gambar 21 halaman tersebut terdapat bagian untuk dokter memasukkan kode token, yang akan didapat dari pasien. Dan pada Gambar 22 merupakan halaman yang berupa *form* untuk dokter melihat rekam medis pasien, seperti data pasien dan riwayat pemeriksaan sebelumnya.





Gambar 20 Halaman Generate Token



Gambar 21 Halaman Rekam Medis Pasien



Gambar 22 Halaman Hasil Pemeriksaan

Sistem berbasis web yang nantinya akan digunakan oleh dokter, memiliki beberapa rancangan seperti halaman untuk dokter memasukkan kode token, halaman rekam medis yang menampilkan detail dari rekam medis milik pasien, dan halaman hasil pemeriksaan untuk dokter mengisi hasil-hasil dari pemeriksaan terhadap pasien.

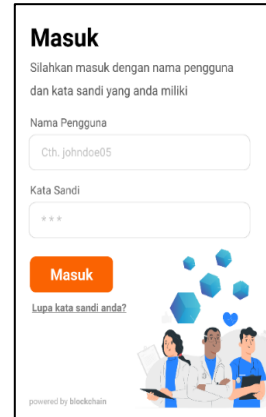
### Implementasi Sistem

Untuk hasil dari rancangan antarmuka yang telah diimplementasi dalam bentuk sistem android maupun

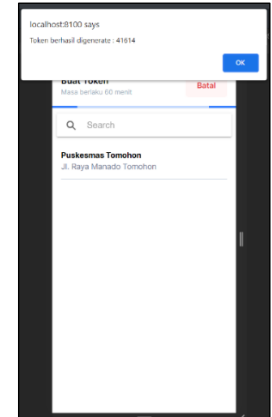
web, tampilannya dapat dilihat di bawah ini:

### 1. Implementasi Antarmuka Sistem Android

Pada saat akan menggunakan sistem, pasien harus melakukan login terlebih dahulu dengan memasukkan nama pengguna dan kata sandi yang tepat. Untuk Gambar 24 setelah pasien berhasil login dan akan melakukan pemeriksaan, sebelumnya perlu dilakukan generate token untuk diberikan kepada dokter.

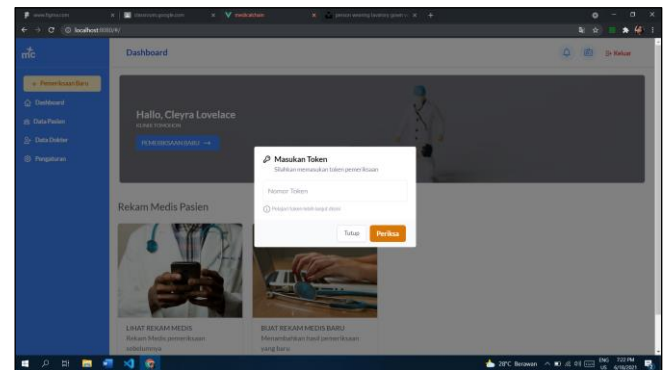


Gambar 23 Login

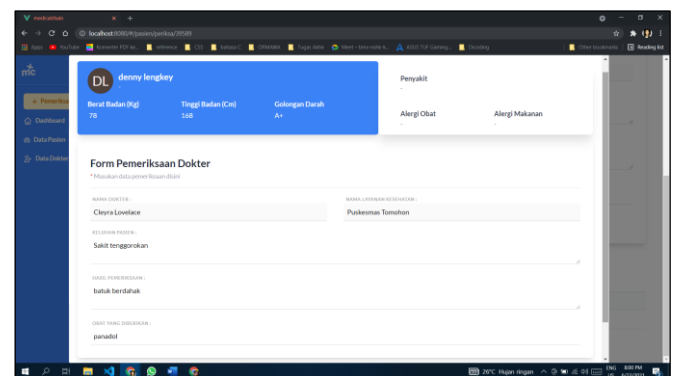


Gambar 24 Generate Token

### 2. Implementasi Antarmuka Sistem Web



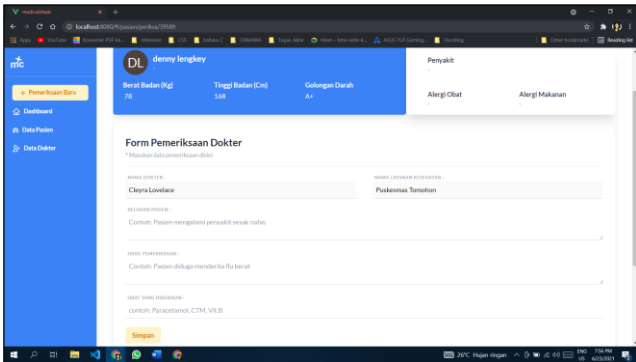
Gambar 25 Generate Token



Gambar 26 Detail Riwayat Pasien

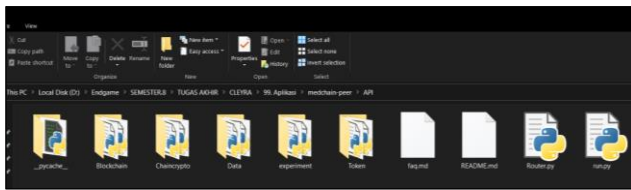
Gambar 25 merupakan halaman yang perlu diakses dokter untuk memasukkan token yang didapat dari pasien. Ketika token yang dimasukkan valid, maka akan muncul halaman Riwayat Pasien pada

**Gambar 26.** Setelah melakukan pemeriksaan, hasil tersebut akan ditambahkan pada *form* pemeriksaan **Gambar 27.**



**Gambar 27** Form Pemeriksaan

### 3. Implementasi Basis Data

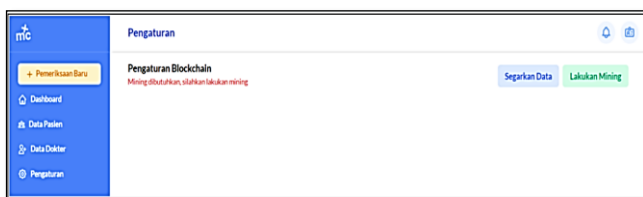


**Gambar 28** Basis Data Sistem Web

Dalam sistem berbasis web, basis data diimplementasikan dalam bentuk *folder* yang disimpan pada perangkat milik fasilitas kesehatan. Pada *folder* tersebut, disimpan *file-file* seperti data pasien yang telah dilakukan enkripsi dan juga pengaturan untuk mengelola keamanan data pasien, serta sistem *blockchain* untuk seluruh jaringan di dalamnya.

### 4. Implementasi *Blockchain*

Ketika suatu data rekam medis baru ditambahkan oleh dokter, langkah berikutnya adalah dokter perlu melakukan proses *mining* untuk membuat nilai *hash* yang baru. Setelah proses mining selesai maka akan tercipta *block* baru di dalam jaringan *blockchain*. Untuk tampilan aplikasi bagian *Mining* bisa dilihat pada Gambar 29, untuk proses *hashing* bisa dilihat di Gambar 30. Proses *hashing* akan menyesuaikan dengan kemampuan komputasi dari perangkat yang digunakan.



**Gambar 2929.** Tampilan Sebelum Melakukan *Mining*



**Gambar 3030.** Proses Hashing

### Pengujian

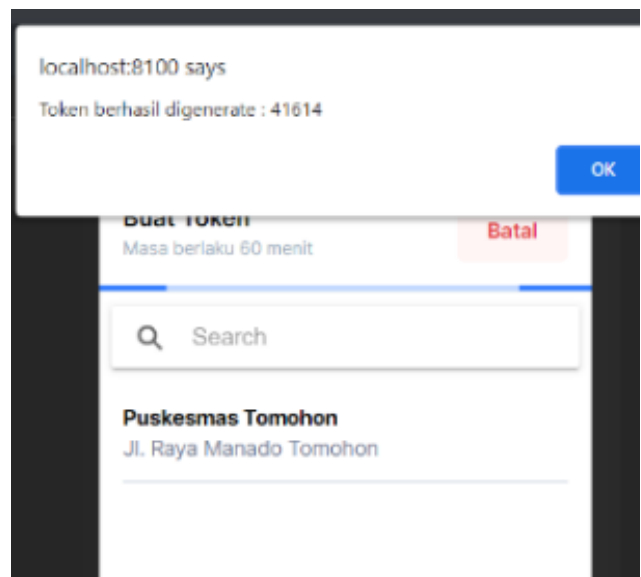
Pengujian dilakukan untuk melakukan pengecekan terhadap implementasi yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut dapat membantu untuk mengetahui, apakah fungsi dari sistem berjalan sesuai kebutuhan pengguna atau tidak. Dalam melakukan pengujian, dibutuhkan terlebih dahulu beberapa kriteria seperti *browser*, akun dari pengguna, dan data rekam medis dari pasien.

#### 1) Pengujian Sistem *Android*

**Tabel 1** Pengujian Sistem *Android*

Kegiatan Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual
Memilih layanan pemeriksaan yang dikunjungi	Sistem berhasil menampilkan kode token yang baru.	Sesuai

**Gambar Hasil Pengujian**



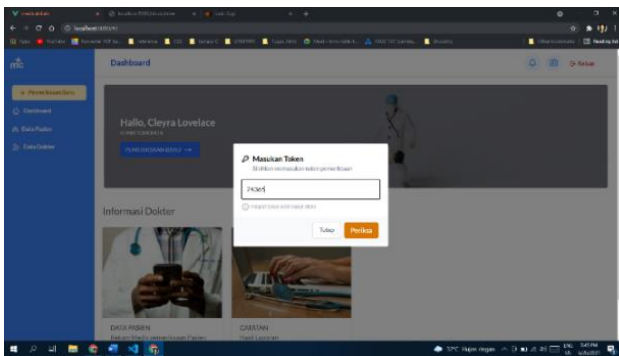
**Gambar 31** Pengujian Membuat Token Berhasil

## 2) Pengujian Sistem Web

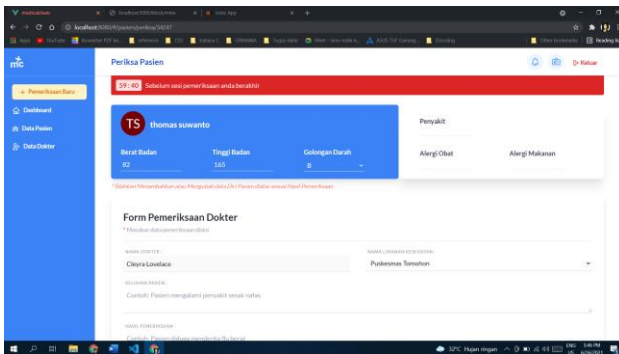
Tabel 2 Pengujian Sistem Web

Kegiatan Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual
Memasukkan token benar.	Pengguna berhasil masuk	Sesuai
Memasukkan token salah.	memasukkan token dan sistem	Menampilkan pesan error,
Memasukkan token saat pemeriksaan.	menampilkan data pasien.	karena token tidak dapat diproses.

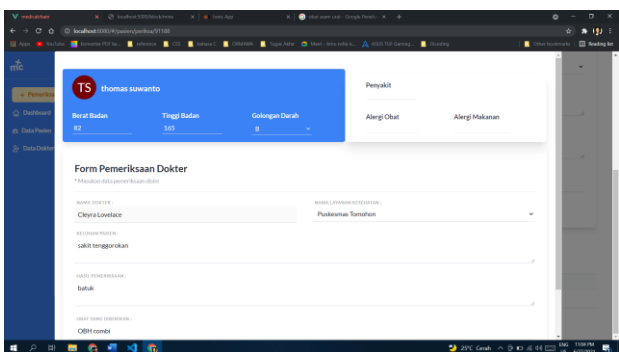
Gambar Hasil Pengujian



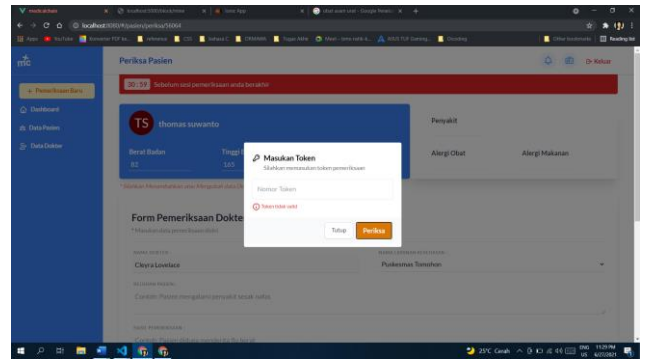
Gambar 32. Pengujian Memasukkan Token



Gambar 33 Pengujian Menampilkan Pemeriksaan Pasien



Gambar 34 Pengujian Menampilkan Riwayat Pemeriksaan Pasien



Gambar 31 Tampilan Pengujian Memasukkan Token Salah/Saat Pemeriksaan

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap sistem Web maupun sistem Android maka hasil pengujian yang didapatkan, yaitu Login berhasil dilakukan dengan menggunakan username dan password yang telah terdaftar dalam sistem. Pembuatan token dapat diproses, setelah pasien telah melakukan layanan kesehatan. Rekam medis pasien dapat diakses dan ditambahkan dengan menggunakan token yang dibuat pasien, setelah itu penambahan data dapat dilakukan dengan mengisi form secara lengkap. Setelah data rekam medis yang baru ditambahkan, maka akan diminta untuk dilakukan proses mining untuk menambahkan data tersebut ke dalam blok yang baru serta ditambahkan ke dalam jaringan blockchain. Ketika pasien melakukan pemeriksaan selanjutnya di tempat berbeda maka, riwayat pemeriksaan pasien sebelumnya, dapat dilihat pada pemeriksaan selanjutnya.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah perancangan, implementasi, dan pengujian telah dilakukan, hasil dari pembuatan sistem dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem *medical chain* berbasis web dan juga *Android*, berhasil dibuat dan dapat digunakan oleh pengguna sistem.
2. Implementasi PoW (*mining*) berhasil diimplementasikan dalam sistem ini, sehingga dokter dapat menambahkan hasil diagnosis baru, yang berarti rekam medis dari pasien akan selalu terbaru dan hal ini akan dapat meminimalisasi *Medication Error*
3. Spesifikasi persyaratan dapat dipenuhi dan diterapkan dalam sistem.

4. Form Pemeriksaan Rekam Medis pada sistem sudah disesuaikan dengan isi data-data jenis rekam medis Rawat Jalan.
5. Penyimpanan data rekam medis menggunakan *blockchain* dapat tersimpan dengan aman, karena data telah tersimpan dalam bentuk enkripsi dalam *server* yang ada, Dengan demikian, tidak ada lagi kekhawatiran bahwa data rekam medis bisa diakses oleh orang lain secara tidak bertanggung jawab.

Beberapa rekomendasi untuk pengembangan sistem ataupun pengelolaan data selanjutnya.

1. Sistem hanya dapat dijalankan pada satu *device* yang menyimpan data registrasi pasien.
2. Sistem dapat diimplementasikan pada sistem terdistribusi secara nyata.
3. Hasil pemeriksaan pasien dapat dilengkapi *form* untuk menambahkan hasil pemeriksaan lab seperti foto atau *file* lainnya.
4. Sistem dapat diperluas untuk dapat digunakan hingga layanan kesehatan, seperti rumah sakit dan layanan rawat inap.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin menyampaikan terima kasih kepada semua responden yang sudah bersedia mengisi kuesioner untuk penelitian itu. Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Katolik De La Salle Manado yang terus memotivasi dan mendukung proyek penelitian ini dari awal hingga akhir.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Azaria, A., Ekblaw, A., Viera, T., & Lippman, A. (2016). Proof-of-Work consensus approach in Blockchain Technology for Cloud and Fog Computing using Maximization-Factorization Statistics. *IEEE Computer Society*, 1-8.
- Binner, K., & Spence, I. (2004). *Use Case Modeling*. Boston: Pearson Education.
- Charvat, J. (2003). *Project Management Methodology*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Firmansyah, Y., & Udi. (2018). Penerapan Metode SDLC Waterfall dalam Pembuatan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web Studi Kasus Pondok Pesantren Al-Habi Sholeh Kabupaten Kbu Raya, Kalimantan Barat. *Jurnal Teknolohi & Manajemen Informatika*, 4(1), 184-191.
- Georghiadis, Y., Flolid, S., & Vishwanath, S. (2019). HashCore: Proof-of-work Functions for General Purpose Processors. *IEEE 39th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDS)*, 1951-1959.
- Hanafiah, M. J., & Amir, A. (2009). *Etika Kedokteran dan Hukum Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Handayani, T., & Feoh, G. (2016). Perancangan Sistem Informasi Rekam Medis Berbasis Web (Studi Kasus Klinik Bersalin Sriati Kota Sungai Penuh - Jambi). *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 2(2), 226-235.
- Kumar, G., Saha, R., Rai, M. K., Thomas, R., & Kim, T. H. (2019). Proof-of-Work Consensus Approach in Blockchain Technology for Cloud and Fog Computing Using Maximization-Factorization Statistics. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(4), 1-8.
- Martono, R. V. (2020). *Supply Chain 4.0 Berbasis Blockchain dan Platform*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Mathar, I. (2018). *Management Informasi Kesehatan (Pengelolaan Dokumen Rekam Medis)*. Sleman: CV Budi Utama.
- Noor, M. I. (2020). Implementasi Blockchain di Dunia Kearsipan: Peluang, Tantangan, Solusi, atau Masalah Baru? *Jurnal Ilmu Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan*, 8(1), 86.
- Sasmito, G. W. (2017). Penerapan Metode Waterfall Pada Desain Sistem Informasi Geografis Industri Kabupaten Tegal. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 2(1), 6-12.
- Sembiring, H., Manik, F. Y., & Tengkuzaidah. (2019). Penerapan Algoritma Secure Hash Algorithm (SHA) Keamanan pada Citra. *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, 4(1), 33-36.
- Setiawan, E., Bhawiyuga, A., & Siregar, R. A. (2020). Pengembangan Sistem Rekam Medis Rumah Sakit dengan Multi User Rest Server berbasis Permissioned Blockchain menggunakan Framework Hyperledger. *Journal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(1), 1-10.
- Setiawan, E., Bhawiyuga, A., & Siregar, R. A. (2020). Pengembangan Sistem Rekam Medis Rumah Sakit dengan Multi User Rest Server Berbasis Permissioned Blockchain Menggunakan Framework Hyperledger. *Journal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(1), 1-10.
- Sugiharto, A., & Musa, M. Y. (2020). *Blockchain & Cryptocurrency Dalam Perspektif Hukum di Indonesia dan Dunia*. Jakarta: Perkumpulan Kajian Hukum Terdesentralisasi.
- Syifani, D., & Dores, A. (2018). Aplikasi Sistem Rekam Medis di Puskesmas Kelurahan Gunung. *Jurnal*

*Sistem Informasi, Teknologi Informatika dan Komputer*, 9(1), 22-31.

Triyatni, E., & Weningsih, I. R. (2018). *Manajemen Informasi Kesehatan III Desain Formulis*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Vazirani, A. A., O'Donoghue, O., Brindley, D., & Meinert, E. (2020). Blockchain vehicles for Efficient

Medical Record Management. *Nature Partner Journal*, 3(1), 1-5.

Wijaya, D. A. (2016). *Mengenal Bitcoin dan Cryptocurrency*. Medan: Pusantara.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*