

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Electronic Medical Record.....	5
Gambar 2. 2 Jaringan Peer-to-Peer .....	9
Gambar 2. 3 Typescript.....	14
Gambar 3. 1 Desain Sistem <i>Blockchain</i> .....	16
Gambar 3. 2 diagram alir sistem EMR.....	17
Gambar 3. 3 Diagram alir user slow .....	19
Gambar 3. 4 diagram alir perancangan <i>smart contract</i> .....	20
Gambar 3. 5 diagram alir website .....	22
Gambar 4. 1 Perancangan <i>Blockchain</i> .....	24
Gambar 4. 2 Perancangan <i>blockchain</i> .....	24
Gambar 4. 3 Tampilan geth attach .....	25
Gambar 4. 4 Proses mining data .....	25
Gambar 4. 5 Total block yang terbentuk.....	26
Gambar 4. 6 Total gas yang dihabiskan saat transaksi .....	27
Gambar 4. 7 Delay rata-rata penambahan pasien.....	29
Gambar 4. 8 Delay rata rata get new patient .....	30
Gambar 4. 9 Delay rata-rata add new doctor .....	31
Gambar 4. 10 Delay rata-rata get new doctor .....	32
Gambar 4. 11 Delay rata-rata add new medical record.....	33
Gambar 4. 12 get new medical record .....	34

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel hasil delay modifikasi data.....	36
---	----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Bumi terus berevolusi dan mengakibatkan banyak perubahan dalam berbagai bidang. Bidang yang marak menjadi perbincangan yaitu industri digital. *Internet of Things* (IoT) hadir dengan menawarkan berbagai macam fitur untuk mempermudah banyak hal yang dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari. IoT yang terus meningkat mengakibatkan tingginya permintaan efisiensi masyarakat dalam berbagai sector kehidupan termasuk bidang layanan kesehatan. Pada kondisi tersebut peningkatan mutu layanan kesehatan sangat dibutuhkan baik dalam bidang pelayanan medis maupun pelayanan informasi medis. Dengan meningkatkan ketepatan dan kelengkapan informasi medical record dapat meningkatkan kualitas sebuah layanan kesehatan [1]. Rekam medis sekarang digunakan tidak hanya untuk kebutuhan primer tetapi juga untuk tujuan klinis sekunder termasuk pelaporan kegiatan pelayanan rumah sakit, pemantauan kinerja rumah sakit, dan penelitian.

*Medical record* adalah berkas yang berisikan catatan dan dokumentasi tentang identitas pasien, pemeriksaan, pengobatan, Tindakan dan pelayanan Kesehatan. Saat ini penyimpanan medical record di rumah sakit masih ada yang menggunakan kertas. Ada pula kasus bahwa setiap pasien bisa saja memiliki lebih dari satu catatan rekam medis pada sebuah klinik atau rumah sakit. Hal tersebut mengakibatkan penurunan efisiensi waktu dalam proses pencarian data pasien sehingga sering terjadi kesalahan dalam penanganan medis. Kasus lain terjadi apabila kondisi pasien sudah sangat lemah, sehingga pasien tidak memungkinkan untuk melaporkan keluhannya. Dari semua kasus permasalahan tersebut sangat memungkinkan untuk mengembangkan inovasi sistem penyimpanan data yang menghasilkan informasi secara cepat dan relevan. Inovasi tersebut dapat mempermudah pihak pasien dan pihak layanan Kesehatan untuk mengambil Tindakan. Dalam perancangan sistem tersebut, metode *blockchain* cocok untuk digunakan dalam keamanan data yang sangat bersangkutan dengan privasi dari pasien.

*Blockchain* merupakan sebuah blok protocol sistem terenkripsi yang saling terhubung kemudian divalidasi oleh setiap node pada jaringan data catatn digital yang disimpan dalam jaringan terdesentralisasi dan terdistribusi. Ethereum adalah salah satu mata uang digital yang menggunakan *blockchain* untuk pembukuan dan transaksi namun dalam *blockchain*, Ethereum dapat digunakan oleh berbagai pengembang perangkat lunak yang membutuhkan protocol *blockchain* sebagai pembukuan, transaksi dan jaringan computer dan internet. Oleh karena itu, penggunaan metode *blockchain* sebagai keamanan database pasien dan keefektifan dalam melakukan layanan kesehatan merupakan hal yang menguntungkan. Karena cataatan akan ditempatkan pada distributor ledger permanen pada sistem *blockchain*. Catatan tersebut terlindungi secara kriptografis dan hanya orang tertentu yang mendapatkan akses untuk mengubah dan memperbarui catatan.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Anggun Mugi Mubraroh yaitu tentang penerapan IoT menggunakan sistem *Blockchain* pada jaringan smart energy meter dengan menggunakan raspberry pi. Penelitian melakukan pemantauan listrik yang menggunakan sensosr daya yang akan mendeteksi data daya pada suatu beban. Kemudian data daya yang akan mendeteksi data daya pada suatu beban. Kemudian data daya tersebut akan dikirimkn dari raspberry pi ke node 1 menggunakan *Messange Queuing Telemetry Transport* (MQTT) karena *communication everhead* yang rendah dan efisiensi sumber daya. Data yang diterima kemudian diproses untuk disimpan ke database *blockchain*, lalu data akan ditampilkan pada web pengguna [2]. Ada pula penelitian sebelumnya dari Dzulfikar Ahmad Digdoyono yang membahas tentang aplikasi B-EMR medical record berbasis *blockchain* yang menggunakan Ethereum *blockchain* sebagai pembukuan medical record dan IPFS untuk menyimpan data informasi pasien dan bukti digital yang terlampir dalam medical record. Pada penelitian tersebut menggunakan metode *blockchain* sebagai solusi dari metode cloud server.

Dari beberapa penelitian sebelumnya, penulis melakukan perancangan dan penelitian mengenai *Electronic Medical Record* untuk mengamankan dan mengintegrasikan data Kesehatan menggunakan database berbasis *blockchain*. Sistem akan tetap berjalan jika salah satu node tidak berfungsi. Adapun keberhasilan dari penerapan database berbasis *blockchain* yaitu dapat

mengintegrasikan sistem database terpusat menjadi sistem database terdistribusi, ditandai dengan Ketika satu node melakukan pembaruan kueri maka seluruh database pada node lain dapat melakukan sinkronisasi data. Sehingga, node menerima data transaksi yang sama dan disimpan di distributed ledger, sistem tetap berjalan walaupun ada salah satu node yang gagal atau tidak berfungsi. Kemudian data akan ditampilkan pada web pengguna.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang diatas, sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan menerapkan sistem *blockchain* ke dalam website medical record untuk menyimpan data informasi medical record pasien
2. Bagaimana sistem kerja *blockchain* yang diterapkan pada website medical record dalam penyimpanan data informasi pasien
3. Bagaimana tingkat keefektifan penerapan *blockchain* pada website medical record untuk penyimpanan data informasi pasien
4. Bagaimana perbandingan kinerja database postgresql dan *blockchain*

## **1.3. Tujuan dan Manfaat**

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang dipaparkan, penulis meletakkan batasan masalah pada penelitian, sebagai berikut:

1. Dapat merancang dan mengimplementasikan *blockchain* ke dalam untuk meningkatkan keamanan pada database website medical record
2. Dapat mengetahui sistem kerja *blockchain* yang diterapkan pada sistem medical record pada layanan Kesehatan
3. Mengetahui tingkat efektivitas *blockchain* pada sistem medical record
4. Mengetahui perbandingan kinerja database konvensional dan *blockchain*.

## **1.4. Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang dipaparkan, penulis meletakkan batasan masalah ada penelitian, sebagai berikut:

1. Sistem menggunakan website

2. Sistem *blockchain* Electronic Medical Record terdiri dari 2 node yang saling terhubung
3. Data yang tersimpan pada *blockchain* merupakan data diri pasien, data diri dokter, dan medical record.
4. Data yang diinputkan untuk testing merupakan data dummy
5. Penelitian ini membahas perbandingan kinerja database postgresql dan *blockchain*
6. Penelitian ini membahas tingkat keefektifan dari dua buah database.
7. Website hanya sebagai UI dari penelitian ini.

### 1.5. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur  
Penulis melakukan pendalaman materi yang berkaitan dengan Medical Record dan *Blockchain*. Adapun referensi yang digunakan dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, synopsis, dan media pembelajaran elektronik lainnya.
2. Perancangan dan Uji Keseluruhan Sistem  
Perancangan sistem Electronic Medical Record berbasis website menggunakan local Ubuntu, React JS, TypeScript, Express JS, dan software terkait. Penulis juga menggunakan Ethereum sebagai mata uang untuk perancangan sistem *blockchain*, kemudian merancang ledger dan *smart contract*.
3. Implementasi dan Uji sistem  
Setelah melakukan perancangan, penulis melakukan testing untuk mengetahui kriteria yang sesuai dari sistem yang telah dirancang.
4. Analisis hasil implementasi  
Analisis dilakukan dengan mengukur delay dari sistem kerja *blockchain* dan database postgresql.
5. Diskusi dengan pembimbing

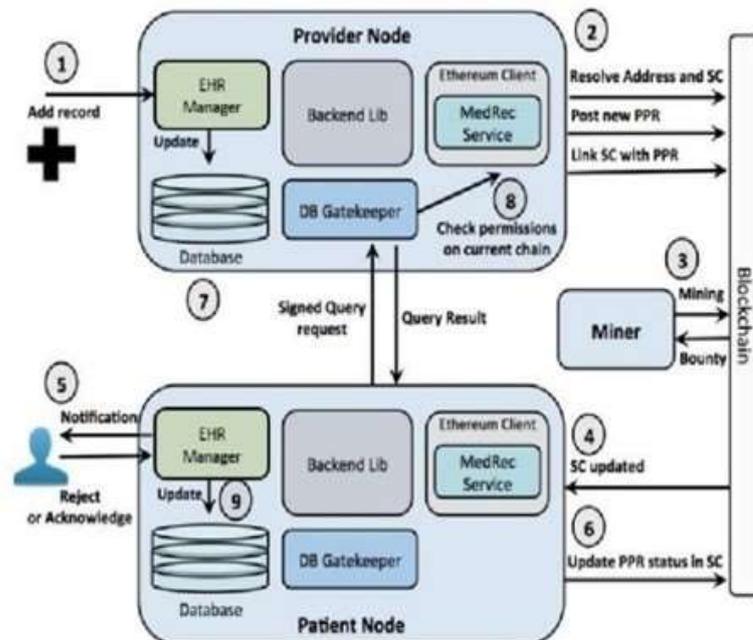
Diskusi dilakukan agar selama melakukan penelitian dapat berjalan sesuai target dan mendapat arahan di setiap kendala yang dihadapi selama penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Rekam Medis

Rekam medis merupakan dokumen pada proses pelayanan yang diberikan dokter untuk pasien [3]. Rekam medis adalah berkas yang berisikan catatan dan dokumen tentang identitas pasien, pemeriksaan, pengobatan, Tindakan dan pelayanan lain yang telah diberikan kepada pasien [4]. Rekam medis bermanfaat sebagai dasar dan petunjuk untuk merencanakan pengobatan, perawatan dan Tindakan medis yang harus diberikan kepada pasien [5]. Rekam medis sangat penting selain untuk diagnosis dan pengobatan juga untuk evaluasi pelayanan Kesehatan, peningkatan efisiensi kerja melalui penurunan moralitas dan motilitas serta peraan yang lebih [5].

### 2.2. *Electronic Medical Record (EMR)*



*Gambar 2. 1 Electronic Medical Record*

*Electronic medical record* (EMR) merupakan suatu rekam medis dari pasien dalam format elektronik tentang kesehatan seseorang yang ditulis satu atau lebih layanan kesehatan terintegrasi [6]. EMR sangat penting sebagai data non public yang sensitive untuk pertunjukan dan perawatan dalam bantuan, yang biasanya harus didistribusikan dan dikumpulkan diantara server pemasok bantuan seperti asuransi, apotek, peneliti, keluarga pasien, dan lain-lain [7]. EMR menggantikan banyak fungsi kertas konvensional dan penggunaan sistem EMR memberikan kemajuan signifikan dalam perawatan pasien [8]. Fasilitas pelayanan Kesehatan mengimplementasikan EMR sebagai upaya untuk meningkatkan kepuasan pasien., meningkatkan akurasi pendokumentasian, mengurangi clinical errors, dan mempercepat akses data pasien [9]. Untuk pekerja medis, EMR membantu dalam mempercepat proses penanganan untuk pasien dan meningkatkan keamanan dalam penanganan pasien [3]. Sistem dari EMR sangat membantu dalam mempermudah dan menjaga keamanan data seperti pada gambar 2.1.

### **2.3 Blockchain**

*Blockchain* pada dasarnya adalah “ledger” atau “database terdistribusi” dalam semua transaksi didokumentasikan mengenai semua pihak yang berpartisipasi [10]. *Blockchain* adalah ledger terdesentralisasi yang ditandatangani secara kriptografis dimana pada setiap transaksi disimpan dalam bentuk blok-blok [11]. Setiap node dalam jaringan *blockchain* menyimpan data replica yang sama. *Blockchain* dapat menyimpan informasi dan menetapkan aturan untuk memperbarui informasi [12]. *Blockchain* memiliki karakteristik dan fitur yang berbeda beda yaitu desentralisasi, immutability, transparansi, dan anonimitas [13]. Namun, dari perspektif yang lebih luas, *blockchain* dapat dianggap sebagai sistem terdistribusi yang secara umum mencakup:

- Jaringan *peer to peer* yang dibuat dari semua node tersebut yang membaca atau secara kooperatif menulis transaksi di *blockchain*.
- *Protocol konsensus*, yaitu kumpulan kebijakan yang disepakati dan diimplementasikan oleh semua node, yang merupakan aturan yang mengatur jalannya transaksi bisa ditambahkan ke rantai blok [14].

## 2.4 **Komponen *Blockchain***

Jaringan *blockchain* terdiri dari beberapa komponen yaitu [15]:

### 2.4.1 ***Asymmetric Key***

*Asymmetric key cryptography blockchain* menggunakan kriptografi public key untuk operasi yang aman. Untuk melakukan transaksi apapun selain berada platform yang sama, rekening bank yang diamankan dengan *private key* pengguna dan dapat diakses tersebut. *Public key* berfungsi sebagai alamat bitcoin diketahui semua orang, yang disarankan untuk berubah pada setiap transaksi untuk menjaga privasi pengguna. *Private key* berguna untuk menandatangani transaksi secara digital dan dirahasiakan oleh pengguna.

### 2.4.2. **Transaksi**

*Blockchain* membagikan dan melakukan pertukaran informasi antara node secara peertopeer. Pertukaran ini terjadi melalui file yang berisi informasi transfer dari satu node ke node lainnya yang dihasilkan oleh node sumber dan transaksi, yang terus menerus dihasilkan oleh node mengetahui inputan di setiap alamat dan dalam sebuah blok. Semua node mengetahui inputan di setiap alamat dan menyimpan Salinan *blockchain* yang ada. Keadaan *blockchain* selau berubah setelah dilakukannya transaksi. Dengan banyaknya transaksi yang dihasilkan per-detik, sangat penting untuk terus melakukan validasi dan verifikasi untuk menyimpan data yang asli dan membuang yang palsu.

### 2.4.3. **Mekanisme Konsensus**

Ketika node meulai berbagi dan bertukar data melalui platform *blockchain*, mereka tidak memiliki pusat untuk mengatur dan menyelesaikan pelanggaran keamanan. Semua node harus menyetujui protocol pembatuan inputan untuk ledger. Untuk mempertahankan konsistensi status supaya tidak mudah menjadi bagian blok dari *blockchain* tanpa persetujuan Bersama. Ini disebut mekanisme konsensus, dimana blok dibuat dan ditambahkan ke ledger yang ada untuk digunakan diwaktu yang akan datang. Dalam sebuah kasus bitcoin, penerima setelah verifikasi tandatangan, dapat menukarkan output beberapa kali untuk digunakan dalam transaksi berikutnya karena terlihat valid berdasarkan penerima individual. Untuk menghindari keluaran yang sama, *cryptocurrency* terdesentralisai berbasis

konsensus diantara node dilakukan. Konsensus ini adalah kesepakatan antara node yang melibatkan mining pada blok dimana minim bersaing untuk menemukan blok valid dengan menghitung hash. Nilai hash disebut sebagai *Proof-of-Work* jika semua transaksi dan *Proof-of-Work* valid, node mulai memperbarui salinannya.

## 2.5 Jenis *Blockchain*

Berdasarkan aksesibilitas data, *blockchain* dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu [16]:

- *Private blockchain*: *blockchain* hanya terdiri dari satu organisasi dan hanya anak perusahaan yang sama dalam grup yang diperbolehkan untuk membaca dan mengirim transaksi.
- *Public blockchain*: *blockchain* diperbolehkan membaca dan mengirim transaksi untuk seluruh organisasi.
- *Consortium blockchain*: beberapa grup *blockchain* dalam organisasi ini membentuk consortium sebagai validator dan diperbolehkan untuk mengirimkan transaksi dan membaca data transaksi
- *Hybrid blockchain*: ini adalah kategori baru dimana salah satu dari private, public, dan consortium *blockchain* dapat digabungkan untuk saling melengkapi proses transaksi dan dapat menjadi *blockchain* multi-mode.

Berdasarkan kebutuhan otorisasi *blockchain* dibagi menjadi tiga kategori, yaitu [16]:

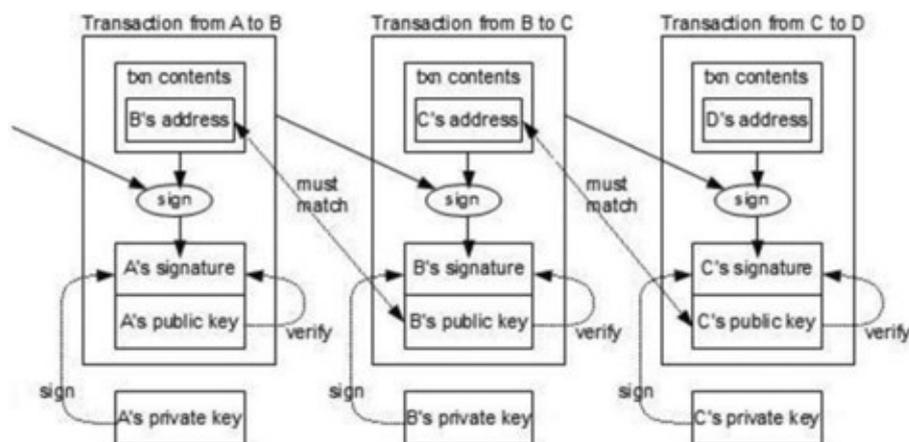
- *Permission blockchain*: node tidak diperlukan izin sebelumnya untuk berpartisipasi dalam proses verifikasi dan dapat bergabung dengan jaringan *blockchain* dengan komputernya sendiri.
- *Permission blockchain*: node menentukan izin saat akan berpartisipasi dan hanya pihak yang berwenang yang diizinkan saat akan berpartisipasi dan hanya pihak yang berwenang yang diizinkan untuk menjalankan node untuk memverifikasi transaksi di jaringan *blockchain*.
- *Hybrid blockchain*: sebuah node berpartisipasi dalam *blockchain* tanpa izin dan *blockchain* dilengkapi dengan memberikan fasilitas komunikasi yang dapat dikatakan bisa menjadi permissioned atau permissionless *blockchain*.

Berdasarkan kegunaan dan kebutuhan *smart contract* dibagi menjadi dua, yaitu:

- Stateless *blockchain*: sistem ini hanya fokus pada pengoptimalan transaksi dengan menghitung hash. Sistem ini tidak terhubung pada layer *smart contract* sehingga tidak terpengaruh bug dan kegagalan kode dari *smart contract*.

## 2.6 Peer-to-Peer (P2P)

Jaringan P2P adalah jaringan arsitektur yang membuat beban kerja partisi antara node dalam jaringan. Jaringan P2P memungkinkan server untuk memberikan informasi *broadcasting* ke seluruh node dalam jaringan yang sama. Server menyediakan koneksi transaksi *control protocol* yang masuk untuk merujuk ke server server lainnya. Koneksi antara server dihasilkan secara otomatis melalui alamat IP di jaringan yang sama. Ketika server menerima penerbitan node alamat IP, server akan terkoneksi hingga 8 saluran keluaran. Transaksi P2P, misalnya transaksi bitcoin yang dieksekusi oleh pemilik koin dengan mentransfer sebagian cryptocurrency ke pemilik berikutnya dengan menandatangani (tanda tangan digital) nilai hash dari transaksi sebelumnya seperti pada gambar 2.3



Gambar 2. 2 Jaringan Peer-to-Peer

Nilai hash dihasilkan dengan mengeksekusi fungsi hash kriptografi seperti SHA-256 dan RIPEMD160. Pesan unik dari nilai hash digunakan untuk menyimpan kredibilitas data. Kapanpun cyber mencoba merusak blok data di jaringan *blockchain*, setiap server dengan mudah mendeteksi aktivitas tersebut [12].

## 2.7 Ethereum

Ethereum adalah platform perangkat lunak berbasis *blockchain* khusus yang dapat membangun dan menjalankan *smart contract* atau bisa dikatakan sebagai *Distribution Applications* (DApps). Ethereum juga merupakan dasar untuk mata uang virtual yang disebut ether. Ether adalah aset cryptocurrency yang digunakan pada Ethereum *blockchain*. Dalam bahasa lain, ether adalah bahan bakar untuk mengoperasikan DApps. Untuk mendefinisikan *smart contract*, Ethereum menyediakan Bahasa pemrograman lengkap yang mampu membuat dan menjalankan sistem *blockchain*. Operasi Ethereum menggunakan saldo saat ini dari semua akun dan kemungkinan data tambahan lainnya. State tidak disimpan secara langsung pada *blockchain*, tetapi dikodekan dan dikelola oleh akun secara terpisah. Dengan demikian, ether memungkinkan untuk menjalankan DApps, mengaktifkan *smart contract*, menghasilkan saldo kripto [17].

## 2.8 Fungsi Hash

Fungsi hash adalah protokol kriptografi dan mudah untuk menghasilkan hash untuk beberapa input, tetapi sangat sulit untuk mendapatkan nilai asli dari input. Hasil keluaran fungsi hash memiliki karakteristik yang bervariasi untuk setiap inputannya, inputannya tidak berarti informasi apapun [18]. Output hash dapat diasumsikan sebagai abstrak atau sidik jari suatu informasi [18]. Fungsi hash dalam kriptografi dapat digunakan untuk menjaga keaslian data dengan cara menghitung nilai hash sebuah data [19].

## 2.9 Smart contract

Di dalam teknologi *blockchain* terdapat *smart contract* yaitu kontrak yang dibuat untuk perjanjian antara beberapa node berdasarkan jenis algoritma konsensus [2]. *Smart contract* dapat disesuaikan dalam segala macam kontrak seperti Pendidikan, kereta api, bangunan, dan lain-lain. *Smart contract* adalah perjanjian atau aturan yang mengatur transaksi yang disimpan dalam *blockchain* dan dieksekusi secara otomatis sebagai bagian dari transaksi [20]. *Smart contract* ditulis dalam solidity dikompilasi dan disimpan di ledger dalam bentuk Ethereum virtual machine EVM byte code untuk memastikan integritas contract [21]. *Smart contract* ini berfungsi sebagai perjanjian digital antara dua atau lebih pihak dan terdiri dari kode yang menentukan aturan dan persyaratan perjanjian tersebut. Keuntungan