BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi digital dalam sektor kesehatan, khususnya dalam pengelolaan data pasien melalui sistem *Electronic Health Record* (*EHR*) atau rekam medis elektronik. Sistem ini memungkinkan penyimpanan serta pengelolaan data kesehatan pasien secara digital sehingga dapat meningkatkan efisiensi pelayanan medis serta mempermudah akses informasi oleh tenaga kesehatan[1].

Namun, implementasi *EHR* di berbagai institusi kesehatan masih menghadapi permasalahan yang signifikan, terutama terkait interoperabilitas antar sistem. Perbedaan standar dan *platform* yang digunakan oleh masing-masing rumah sakit menyebabkan proses pertukaran data medis menjadi sulit dilakukan. Kondisi ini berdampak pada tidak tersedianya riwayat kesehatan pasien secara utuh ketika pasien berpindah layanan kesehatan, yang berpotensi menurunkan kualitas pelayanan medis serta meningkatkan risiko kesalahan diagnosis[2]. Selain itu, data kesehatan merupakan data yang sangat sensitif sehingga rentan terhadap ancaman keamanan seperti manipulasi data, akses tidak sah, serta kebocoran informasi pasien[3]. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa sistem *EHR* saat ini masih memiliki keterbatasan dalam menjamin keamanan, integritas, serta interoperabilitas data kesehatan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan teknologi yang mampu mengatasi permasalahan tersebut secara menyeluruh.

Salah satu teknologi yang memiliki potensi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah teknologi *blockchain*. *Blockchain* merupakan teknologi pencatatan data terdistribusi yang memungkinkan setiap transaksi dicatat secara permanen dan tidak dapat diubah tanpa persetujuan jaringan. Karakteristik *blockchain* seperti desentralisasi, transparansi, serta *immutability* menjadikannya sebagai solusi yang potensial dalam menjaga integritas dan keamanan data kesehatan[4]. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan *blockchain* dalam sistem EHR dapat meningkatkan keamanan serta transparansi dalam pengelolaan data medis[5].

Dalam sistem berbasis *blockchain*, mekanisme *smart contract* dapat digunakan untuk mengatur hak akses terhadap data secara otomatis sehingga hanya pihak yang memiliki otorisasi yang dapat mengakses atau memodifikasi data[6]. Selain itu, metode *hash* berperan penting dalam menjaga integritas data dengan menghasilkan nilai unik dari setiap data yang disimpan, sehingga setiap perubahan data dapat terdeteksi dengan mudah[7].

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan *blockchain* dalam sistem *EHR*, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek keamanan dan penyimpanan data, serta belum secara spesifik mengintegrasikan mekanisme *smart contract* dan metode *hash* dalam satu sistem terpadu yang mampu mendukung interoperabilitas data antar institusi layanan kesehatan secara optimal. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan implementasi teknologi *blockchain* pada sistem *E-Health* menggunakan *platform* Hyperledger Fabric dengan memanfaatkan mekanisme *smart contract* dan metode *hash* untuk meningkatkan integritas serta interoperabilitas data rekam medis elektronik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem rekam medis elektronik berbasis teknologi *blockchain* pada sistem *E-Health* untuk meningkatkan keamanan dan integritas data kesehatan?
2. Bagaimana implementasi *smart contract* pada *platform* Hyperledger Fabric dalam mengatur otorisasi serta pengelolaan akses data rekam medis elektronik?
3. Bagaimana penerapan metode *hash* dalam menjaga serta memvalidasi integritas data rekam medis pada sistem berbasis *blockchain*?
4. Bagaimana efektivitas sistem *blockchain* yang dikembangkan dalam memfasilitasi interoperabilitas serta pertukaran data rekam medis elektronik antar institusi layanan kesehatan berdasarkan skenario pengujian, validasi data, kontrol akses, dan keberhasilan pertukaran data?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem rekam medis elektronik berbasis *blockchain* pada sistem *E-Health* untuk meningkatkan keamanan dan integritas data kesehatan.
2. Mengimplementasikan *smart contract* pada *platform* Hyperledger Fabric dalam pengelolaan hak akses data rekam medis elektronik secara terdesentralisasi.
3. Menerapkan metode *hash* sebagai mekanisme untuk menjaga serta memverifikasi integritas data rekam medis.
4. Menganalisis kemampuan purwarupa (*prototype)* sistem dalam mendukung interoperabilitas pertukaran data rekam medis elektronik antar entitas layanan kesehatan berdasarkan skenario pengujian yang ditentukan.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem rekam medis elektronik berbasis teknologi *blockchain* yang lebih aman dan transparan.
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem informasi kesehatan.
3. Mendukung pengembangan sistem *E-Health* yang mampu meningkatkan keamanan, integritas, serta interoperabilitas data kesehatan.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus, maka penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan menggunakan teknologi *blockchain* dengan *platform* Hyperledger Fabric.
2. Data rekam medis yang digunakan dalam penelitian berupa data simulasi atau data sintetik yang merepresentasikan data rekam medis elektronik.

3. Penelitian berfokus pada aspek integritas data dan interoperabilitas rekam medis elektronik.
4. Implementasi sistem dilakukan dalam bentuk purwarupa sistem *E-Health* berbasis *blockchain*.
5. Penelitian tidak membahas integrasi langsung secara *real-time* dengan sistem informasi rumah sakit (SIMRS) yang sebenarnya.

1.5 Keterbaharuan

Beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini salah satunya adalah penelitian oleh Seema Babusing Rathod yang berjudul "*Blockchain-based solutions for medical data sharing and patient privacy protection in India*". Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi solusi berbagi data medis yang aman guna melindungi privasi pasien secara utuh. Sistem yang diusulkan mengimplementasikan struktur *blockchain* yang terdesentralisasi serta memanfaatkan mekanisme *smart contract* untuk tata kelola data. Dari penelitian ini, didapatkan hasil bahwa sistem mampu memastikan integritas, transparansi, dan kerahasiaan data sekaligus memberikan kendali otorisasi secara penuh kepada pasien atas akses rekam medis secara mandiri[5].

Selanjutnya, pada penelitian Nadeem Yaqub, Jianbiao Zhang, Muhammad Irfan Khalid, dkk. yang berjudul *"Blockchain enabled policy-based access control mechanism to restrict unauthorized access to electronic health records"*. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah isolasi informasi medis dengan merancang pendekatan kontrol akses yang sangat aman. Metode yang digunakan adalah *policy-based access control* yang berjalan di atas jaringan *blockchain*. Berdasarkan hasil pengujian, mekanisme ini terbukti memiliki arsitektur keamanan yang sangat kuat dalam membatasi akses ilegal dan memastikan bahwa rekam medis hanya dapat diakses oleh entitas yang memiliki otorisasi sah[6].

Selain itu, penelitian oleh Gaurav Anand dan Divya Sadhna yang berjudul *"Electronic Health Record Interoperability Using FHIR and Blockchain: A Bibliometric Analysis and Future Perspectives"* bertujuan untuk mengevaluasi hambatan pertukaran data medis antar sistem kesehatan. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan konseptual terkait integrasi antara teknologi *blockchain* dengan standar komunikasi klinis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara arsitektur *blockchain* dan standar interoperabilitas

merupakan solusi yang sangat signifikan untuk meningkatkan kemampuan pertukaran data kesehatan secara terintegrasi antar institusi medis[2].

Penelitian lainnya dilakukan oleh Oleksandr Kuznetsov, Alex Rusnak, Anton Yezhov, dkk. dalam jurnalnya yang berjudul *"Evaluating the Security of Merkle Trees: An Analysis of Data Falsification Probabilities"*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keamanan pendekatan kriptografi dalam menjaga integritas data pada sistem terdistribusi. Metode yang digunakan mencakup penggunaan algoritma *Hash* serta analisis struktur *Merkle Tree*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mekanisme *hash* mampu mendeteksi probabilitas pemalsuan (falsifikasi) atau modifikasi data sekecil apa pun secara presisi, sehingga memberikan jaminan keaslian data yang tinggi[7].

Berdasarkan tinjauan pada berbagai literatur di atas, mayoritas kajian masih berfokus pada implementasi teknologi *blockchain*, *smart contract*, ataupun metode *hash* secara parsial, dan belum mendemonstrasikannya secara komprehensif untuk mendukung integritas serta interoperabilitas data rekam medis elektronik dalam satu arsitektur sistem terpadu. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini mengusulkan implementasi sistem rekam medis elektronik berbasis *blockchain* menggunakan *platform* Hyperledger Fabric yang mengintegrasikan mekanisme *smart contract* dan metode *hash* dalam satu arsitektur sistem *E-Health*. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini menerapkan arsitektur penyimpanan hibrida, yaitu data rekam medis lengkap disimpan pada database *off-chain*, sedangkan metadata, nilai *hash*, kontrol akses, dan log aktivitas dikelola melalui jaringan *blockchain*. Dengan pendekatan tersebut, sistem tidak hanya berfokus pada aspek keamanan dan integritas data, tetapi juga mendukung interoperabilitas pertukaran data antar entitas layanan kesehatan melalui REST API dan pengaturan akses berbasis *smart contract*.