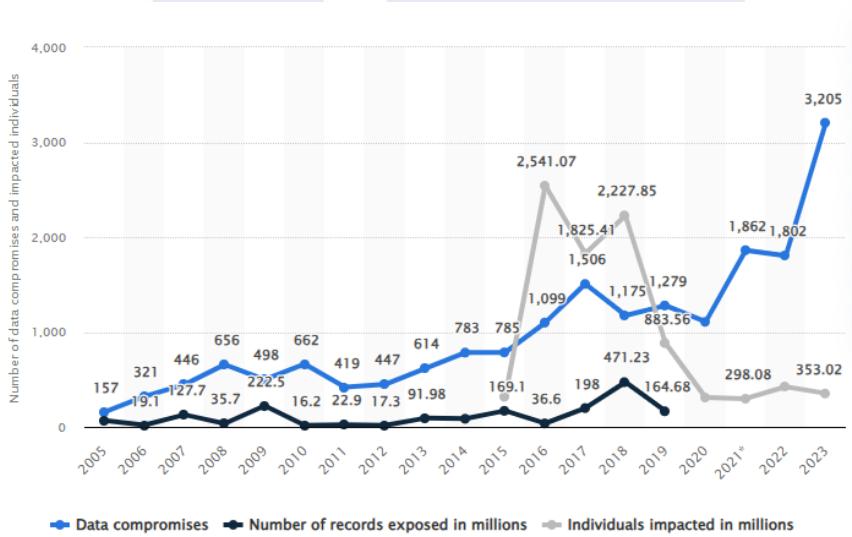


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Data karyawan adalah salah satu aset paling penting yang dimiliki perusahaan karena mencakup informasi yang mendukung operasional dan pengelolaan sumber daya manusia [1]. Informasi ini meliputi identitas pribadi (seperti nama, alamat, dan nomor identitas), riwayat pekerjaan (pengalaman, pelatihan, dan penilaian kinerja), serta informasi sensitif lainnya seperti gaji, tunjangan, dan data kehadiran [2]. Pengelolaan data ini tidak hanya penting untuk administrasi, tetapi juga untuk menjaga privasi dan kepercayaan karyawan terhadap perusahaan [3].



Gambar 1.1 Grafik Annual number of data compromises and individuals impacted in the United States from 2005 to 2023 oleh Statista [4]

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1, jumlah pelanggaran data (data compromises) dan individu yang terdampak terus menunjukkan tren yang signifikan dalam kurun waktu 2005 hingga 2023, yang mengindikasikan meningkatnya risiko terhadap keamanan data secara global [4]. Dalam konteks

ini, di tengah kemajuan teknologi, data karyawan menghadapi ancaman yang semakin kompleks, seperti peretasan, kebocoran data, dan manipulasi oleh pihak tidak bertanggung jawab [5]. Ancaman-ancaman ini tidak hanya dapat merusak reputasi perusahaan tetapi juga berpotensi melanggar regulasi perlindungan data yang ketat. Dalam banyak kasus, pelanggaran data karyawan menyebabkan dampak yang besar, termasuk hilangnya kepercayaan karyawan dan risiko hukum [6]. Sebagian besar perusahaan masih menggunakan sistem Human Resource (HR) tradisional yang berbasis pada database terpusat [7]. Sistem ini memiliki kelemahan mendasar, seperti kerentanan terhadap serangan siber, risiko kehilangan data akibat kegagalan server, dan kurangnya transparansi dalam pengelolaan [8]. Meskipun sistem ini cukup untuk kebutuhan operasional dasar, mereka sering kali tidak dirancang untuk menghadapi ancaman modern atau memenuhi standar keamanan data terkini. Keterbatasan ini menimbulkan kebutuhan akan pendekatan baru dalam pengelolaan data [9].

Blockchain muncul sebagai salah satu teknologi revolusioner yang menawarkan solusi untuk mengatasi tantangan besar dalam pengelolaan data, terutama terkait transparansi, keamanan, dan efisiensi [10]. Dengan sifat desentralisasi yang mendistribusikan data ke seluruh jaringan tanpa kontrol tunggal, keamanan berbasis kriptografi yang melindungi data dari manipulasi, serta transparansi yang memungkinkan audit mudah tanpa melanggar privasi, blockchain telah menjadi fondasi bagi inovasi di berbagai sector [11]. Teknologi ini diimplementasikan dalam framework populer seperti Ethereum, Hyperledger Fabric, dan MultiChain, yang masing-masing dirancang untuk memenuhi kebutuhan yang beragam. Ethereum, sebagai salah satu platform blockchain paling terkenal, sering digunakan untuk aplikasi berbasis smart contract, memungkinkan otomatisasi proses dengan tingkat keamanan tinggi. Namun, popularitasnya juga membawa tantangan berupa masalah skalabilitas, yang membatasi jumlah transaksi per detik, serta biaya transaksi yang fluktuatif

dan sering kali tinggi [12]. Di sisi lain, Hyperledger Fabric difokuskan untuk aplikasi enterprise dengan arsitektur modular dan dukungan untuk jaringan permissioned, menjadikannya ideal untuk organisasi besar yang membutuhkan kontrol dan privasi. Meski demikian, framework ini menuntut keahlian teknis tinggi serta investasi sumber daya yang signifikan [13]. Sebagai alternatif yang lebih ringan dan fleksibel, MultiChain menyediakan framework blockchain permissioned yang mudah dikonfigurasi dan dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik, seperti pengelolaan data HR, dengan efisiensi dan kemudahan implementasi sebagai keunggulan utamanya [14].

Ethereum memiliki keunggulan yang menonjol berkat ekosistemnya yang luas [15] dan fleksibilitas dalam mendukung pengembangan aplikasi terdesentralisasi (dApps) [16], menjadikannya pilihan utama bagi banyak inovator teknologi. Platform ini didukung oleh komunitas pengembang global yang aktif, serta memiliki infrastruktur seperti *smart contract* dan standar tokenisasi (seperti ERC-20 dan ERC-721) [17] yang memungkinkan berbagai aplikasi kompleks, mulai dari keuangan terdesentralisasi (DeFi) [18] hingga non-fungible tokens (NFT) [19]. Namun, salah satu hambatan signifikan yang dihadapi Ethereum adalah biaya transaksi yang sering kali fluktuatif, terutama saat jaringan mengalami lonjakan aktivitas . Biaya ini, yang dikenal sebagai *gas fees*, ditentukan oleh permintaan pengguna untuk memproses transaksi di dalam jaringan [20]. Ketika banyak pengguna mengajukan transaksi secara bersamaan, seperti saat peluncuran proyek NFT populer atau lonjakan aktivitas pada aplikasi DeFi, biaya *gas* dapat meningkat tajam [21]. Hal ini disebabkan oleh mekanisme lelang terbuka yang digunakan untuk menentukan prioritas transaksi, di mana pengguna yang bersedia membayar lebih tinggi mendapatkan prioritas lebih dahulu [22]. Akibatnya, aplikasi yang membutuhkan pemrosesan volume data besar dan transaksi berulang, seperti sistem HR, dapat mengalami beban biaya yang tidak konsisten dan tidak dapat diprediksi, sehingga mengurangi daya tarik Ethereum untuk solusi yang sensitif terhadap biaya [23].

Meskipun Hyperledger Fabric telah banyak digunakan dalam penelitian sebagai platform blockchain untuk kebutuhan bisnis, framework ini masih memiliki sejumlah keterbatasan yang signifikan ketika diterapkan pada lingkungan operasional yang membutuhkan efisiensi dan kemudahan implementasi [24]. Hyperledger Fabric dirancang dengan arsitektur modular dan tingkat keamanan tinggi, namun kompleksitasnya justru menjadi tantangan utama dalam proses pengembangan dan penerapan sistem [25]. Implementasi Fabric memerlukan pengaturan jaringan permissioned blockchain yang melibatkan banyak komponen, seperti konfigurasi node, pengelolaan organisasi peserta, serta pengaturan certificate authority (CA) untuk autentikasi setiap entitas dalam jaringan [26]. Selain itu, fitur seperti channel dan endorsement policy, yang ditujukan untuk menjaga privasi data dan menentukan validasi transaksi, membutuhkan pemahaman mendalam tentang arsitektur internal Fabric serta kemampuan teknis yang tinggi untuk mengelolanya [27]. Dari sisi infrastruktur, Fabric juga memerlukan sumber daya komputasi yang besar untuk menjaga konsistensi dan kinerja jaringan, sehingga tidak efisien untuk digunakan pada sistem berskala kecil hingga menengah, seperti aplikasi internal atau sistem HR [28]. Biaya pengembangan dan pemeliharaan yang tinggi, ditambah dengan kebutuhan akan tim teknis berpengalaman dalam teknologi blockchain enterprise, membuat platform ini sulit diadopsi oleh organisasi dengan sumber daya terbatas [29]. Selain itu, integrasi Fabric dengan sistem yang sudah ada sering kali memerlukan middleware tambahan, yang menambah kompleksitas dan waktu implementasi [30]. Keterbatasan-keterbatasan ini menjadikan Hyperledger Fabric kurang sesuai untuk penelitian yang menitikberatkan pada efisiensi, kemudahan integrasi, serta penerapan cepat dalam lingkungan sistem privat seperti manajemen data karyawan [31].

Sementara itu, MultiChain menawarkan solusi blockchain yang dirancang dengan pendekatan praktis dan sederhana, menjadikannya pilihan yang cocok bagi organisasi yang ingin mengadopsi teknologi ini tanpa menghadapi

hambatan teknis yang rumit [32]. Kemudahan implementasi menjadi salah satu keunggulan utamanya. MultiChain menyediakan alat bawaan, seperti multichain-cli, untuk mempermudah konfigurasi jaringan, termasuk pengaturan node, parameter blockchain (misalnya, ukuran blok atau waktu blok), dan otorisasi awal node yang akan bergabung [33]. Proses ini tidak memerlukan keahlian mendalam dalam blockchain, sehingga dapat diimplementasikan oleh tim teknis dengan pengalaman menengah [34]. Keunggulan lainnya adalah dukungan izin akses yang terstruktur, yang memungkinkan kontrol ketat atas siapa yang dapat melakukan aktivitas tertentu dalam jaringan. MultiChain memiliki fitur granular untuk menentukan izin seperti *connect* (akses jaringan), *send* (mengirim transaksi), *receive* (menerima data), hingga *admin* (mengelola izin) [35]. Sistem ini memungkinkan perusahaan memastikan bahwa data sensitif hanya dapat diakses oleh pihak yang berwenang, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang mengutamakan privasi, seperti sistem HR, supply chain, atau aplikasi internal perusahaan lainnya.

MultiChain juga unggul dalam efisiensi pengelolaan data pada jaringan private blockchain [36]. Dengan optimasi untuk *throughput* tinggi, MultiChain mampu menangani ribuan transaksi per detik, tergantung pada konfigurasi jaringan [37]. Selain itu, framework ini mendukung integrasi data yang mudah melalui protokol standar seperti JSON-RPC [38], yang memungkinkan interoperabilitas dengan aplikasi lain tanpa memerlukan middleware yang kompleks. Hal ini memberikan kemudahan bagi perusahaan untuk mengintegrasikan MultiChain dengan sistem yang sudah ada, seperti ERP atau CRM [39]. Di sisi teknis, MultiChain dirancang untuk mengurangi *overhead* operasional, salah satunya dengan mekanisme konsensus berbasis izin, seperti voting antar node atau rotasi peran *block signer* [40]. Ini menghilangkan kebutuhan akan *mining* atau algoritma konsensus intensif seperti *Proof of Work*, sehingga konsumsi sumber daya jaringan menjadi lebih rendah dibandingkan platform blockchain publik seperti Ethereum [41].

Walau begitu, meskipun menawarkan banyak keunggulan, adopsi MultiChain dalam sistem HR masih relatif rendah [42]. Teknologi ini dikenal memiliki kemampuan unggul dalam pengelolaan data di jaringan privat dengan keamanan dan skalabilitas yang terjamin [35]. Namun, tingkat adopsi yang rendah sebagian besar disebabkan oleh kurangnya dokumentasi kasus penggunaan yang mapan dalam domain ini [43]. Perusahaan sering kali membutuhkan bukti konkret berupa studi kasus atau laporan keberhasilan untuk meyakinkan mereka bahwa teknologi ini mampu memenuhi kebutuhan spesifik sistem HR, seperti pengelolaan data karyawan, otorisasi akses, atau pelacakan dalam proses rekrutmen [44]. Selain itu, tantangan lain muncul dari keterbatasan MultiChain dalam mendukung interoperabilitas yang tinggi atau koneksi ke jaringan blockchain publik. Sebagai platform yang dirancang untuk bekerja optimal dalam jaringan privat, MultiChain memiliki fokus utama pada keamanan data internal dan kontrol akses yang ketat [32]. Namun, pendekatan ini membuatnya kurang fleksibel dalam berinteraksi dengan sistem eksternal yang menggunakan teknologi blockchain berbeda atau yang mengandalkan jaringan blockchain publik seperti Ethereum atau Bitcoin [45]. Keterbatasan ini menjadi kendala khusus bagi perusahaan yang membutuhkan kemampuan untuk berbagi data dengan mitra eksternal, misalnya dalam ekosistem rantai pasok atau kolaborasi lintas organisasi [46]. Dalam konteks sistem HR, hal ini dapat menghambat penerapan MultiChain untuk skenario yang melibatkan berbagi data tenaga kerja antar perusahaan atau dengan lembaga pemerintah yang mengadopsi standar blockchain publik [47]. Tanpa adanya kemampuan interoperabilitas yang kuat, perusahaan harus mencari solusi tambahan atau penghubung (middleware) yang tidak hanya meningkatkan kompleksitas tetapi juga biaya implementasi [48]. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami sejauh mana potensi MultiChain dapat memenuhi kebutuhan sistem HR, termasuk bagaimana efisiensinya dalam menangani skenario yang

kompleks serta tantangan apa saja yang mungkin muncul dalam implementasinya.

Dalam konteks implementasi sistem HR di PT Dynapack Asia, pengelolaan data dan proses sumber daya manusia saat ini masih menghadapi berbagai tantangan operasional yang berdampak pada efektivitas dan keandalan sistem secara keseluruhan. Berdasarkan hasil observasi awal dan pemahaman terhadap alur bisnis yang berjalan, proses-proses utama seperti pengelolaan data master karyawan, pengajuan cuti, izin, lembur, substitusi, hingga penilaian kinerja masih sangat bergantung pada sistem terpusat dengan mekanisme pencatatan dan persetujuan yang tersebar pada beberapa modul serta peran pengguna. Kondisi ini berpotensi menimbulkan inkonsistensi data antar modul, keterlambatan dalam proses validasi, serta kesulitan dalam memastikan keselarasan antara data operasional dan keputusan manajerial. Selain itu, pencatatan perubahan data dan aktivitas persetujuan belum sepenuhnya didukung oleh mekanisme audit trail yang bersifat immutable, sehingga penelusuran riwayat perubahan data sering kali membutuhkan pemeriksaan manual atau bergantung pada log sistem yang dapat dimodifikasi oleh administrator tertentu. Keterbatasan ini berpotensi mengurangi tingkat transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan proses HR, khususnya ketika terjadi perbedaan data, koreksi administratif, atau kebutuhan audit internal.

Permasalahan tersebut menjadi semakin kompleks seiring dengan skala operasional PT Dynapack Asia yang melibatkan jumlah karyawan yang besar serta struktur organisasi yang dinamis dan lintas fungsi. Ketergantungan pada sistem HR konvensional dengan kontrol akses yang bersifat terpusat berpotensi meningkatkan risiko kesalahan administratif, ketidaksesuaian hak akses dengan tanggung jawab aktual pengguna, serta keterlambatan dalam proses persetujuan yang memengaruhi kelancaran operasional. Dalam kondisi tertentu, perubahan data karyawan atau keputusan persetujuan dapat dilakukan tanpa mekanisme

verifikasi berlapis yang kuat, sehingga menyulitkan organisasi untuk memastikan bahwa setiap aktivitas telah melalui prosedur yang sah dan terdokumentasi secara lengkap. Selain itu, keterbatasan visibilitas real-time terhadap status proses HR juga dapat menghambat pengambilan keputusan yang cepat dan berbasis data. Oleh karena itu, PT Dynapack Asia membutuhkan pendekatan sistem yang mampu menjamin integritas dan konsistensi data, menyediakan jejak audit yang transparan dan tidak mudah dimanipulasi, serta tetap selaras dengan alur kerja HR yang telah berjalan. Solusi yang diharapkan tidak hanya berfokus pada peningkatan aspek keamanan, tetapi juga mampu memperkuat efisiensi operasional dan kepercayaan internal terhadap sistem HR tanpa menambah kompleksitas penggunaan bagi karyawan maupun beban pengelolaan bagi tim IT.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, penelitian ini memilih MultiChain sebagai framework blockchain untuk membangun sistem HR yang lebih aman, transparan, dan efisien [32]. MultiChain dipilih karena memiliki fitur jaringan permissioned yang memungkinkan kontrol akses yang lebih baik, sehingga hanya pihak tertentu yang dapat membaca atau menulis data di jaringan [14]. Selain itu, MultiChain menawarkan kemudahan implementasi melalui alat yang komprehensif, seperti API bawaan dan dukungan dokumentasi yang memadai, sehingga mempercepat proses pengembangan sistem [33]. Dengan performa tinggi yang dirancang khusus untuk jaringan berskala kecil hingga menengah, MultiChain menjadi pilihan ideal untuk memenuhi kebutuhan sistem HR tanpa mengorbankan efisiensi operasional [37]. Penelitian ini akan mengidentifikasi tantangan teknis dan operasional dalam penerapan MultiChain, termasuk integrasi dengan infrastruktur HR yang ada, serta memberikan rekomendasi praktis untuk pengembangan dan pengelolaan sistem HR berbasis blockchain.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Human Resources (HR) berbasis MultiChain, yang dirancang dengan memanfaatkan teknologi

blockchain sebagai inti dari pengelolaan data karyawan. Dengan pendekatan ini, penelitian difokuskan pada peningkatan keamanan data melalui enkripsi dan mekanisme distribusi terdesentralisasi, privasi dengan memastikan akses terbatas hanya untuk pihak yang berwenang, serta efisiensi melalui otomatisasi proses dan penghapusan redundansi dalam alur kerja. Penerapan sistem ini diharapkan dapat mengatasi tantangan umum dalam pengelolaan data karyawan, seperti risiko kebocoran informasi, manipulasi data, dan inefisiensi sistem tradisional. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata sebagai referensi untuk pengembangan sistem HR berbasis blockchain, sekaligus mendorong adopsi teknologi blockchain di sektor enterprise sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan daya saing bisnis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang system HR yang terintegrasi dengan Blockchain?
2. Bagaimana mengukur kinerja system HR yang terintegrasi dengan Blockchain?

1.3 Batasan Masalah :

1. Penelitian ini membahas penerapan teknologi Blockchain dengan framework Multichain dalam system.
2. Penelitian ini menguji kinerja API MultiChain melalui pengukuran waktu respon dan ukuran data pada proses create dan read.
3. Penelitian ini mengevaluasi penerimaan dan kemudahan penggunaan sistem melalui metode UAT, SUS, dan TAM.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem HR berbasis web yang terintegrasi dengan teknologi Blockchain menggunakan framework MultiChain.
2. Mengukur kinerja dan tingkat penerimaan sistem HR berbasis MultiChain melalui pengujian API (create dan read) serta evaluasi menggunakan metode UAT, SUS, dan TAM..

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat Teoretis:

1. Menambah literatur ilmiah tentang penerapan teknologi blockchain MultiChain dalam sistem HR, terutama dalam konteks keamanan, efisiensi, dan integrasi.
2. Memberikan dasar teoritis bagi pengembangan solusi blockchain lainnya yang dapat diterapkan pada sektor enterprise.

Manfaat Praktis:

1. Memberikan solusi inovatif bagi organisasi dalam meningkatkan keamanan dan privasi data karyawan melalui sistem HR berbasis blockchain.
2. Menawarkan strategi praktis untuk integrasi antara sistem HR tradisional dan blockchain, sehingga memudahkan adopsi teknologi baru tanpa menggantikan sistem yang ada secara keseluruhan.
3. Membantu organisasi skala menengah memahami potensi efisiensi dan skalabilitas MultiChain dalam pengelolaan data karyawan.

4. Memberikan panduan teknis bagi pengaturan izin akses menggunakan jaringan permissioned, sehingga data sensitif karyawan tetap terjaga dari pihak yang tidak berwenang.

1.5 Sistematika Penulisan

1. BAB I

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan masalah. Bab ini memberikan landasan dan arah penelitian.

2. BAB II

Bab ini menguraikan teori-teori yang relevan dengan penelitian, seperti konsep blockchain, framework MultiChain, sistem HR berbasis blockchain, keamanan data, dan integrasi sistem. Selain itu, bab ini mencakup penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi referensi dan pijakan dalam pengembangan penelitian ini.

3. BAB III

Bab ini menjelaskan pendekatan dan metode yang digunakan dalam penelitian. Penjelasan meliputi desain penelitian, langkah-langkah eksperimen dalam pengembangan sistem HR berbasis MultiChain, serta alat dan bahan yang digunakan, baik hardware maupun software. Selain itu, bab ini menguraikan teknik pengumpulan data dan metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi aspek keamanan, efisiensi, dan integrasi sistem.