BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ketepatan waktu dalam pembayaran upah merupakan salah satu hak dasar pekerja, namun implementasi sistem penggajian konvensional seringkali menciptakan kesenjangan struktural antara waktu kerja dan penerimaan kompensasi. Meskipun teknologi pemrosesan *payroll* telah berevolusi dari pencatatan manual menuju otomatisasi berbasis komputasi awan, sistem konvensional masih memiliki limitasi laten terkait latensi pemrosesan [1]. Keterlambatan dan kekakuan siklus bulanan atau 2 minggu sekali ini berkontribusi pada fenomena *payday effect*, di mana pekerja kehabisan likuiditas sebelum siklus gajian berikutnya tiba, sehingga memaksa mereka bergantung pada fasilitas pinjaman berbunga tinggi untuk memenuhi kebutuhan darurat [2]. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa permintaan terhadap mekanisme penggajian yang lebih responsif merupakan sebuah kebutuhan mendesak.

Persoalan menjadi semakin kompleks ketika dikaji dari sisi infrastruktur terpusat (Web2) yang menopang sistem tersebut. Sistem *payroll* tradisional bertumpu pada basis data relasional yang dikelola oleh perantara, menciptakan kerentanan berupa *Single Point of Failure* (SPOF). Infrastruktur terpusat ini sangat rentan terhadap ancaman manipulasi dari dalam (*insider threat*), seperti pengubahan data kompensasi dan penciptaan pekerja fiktif (*ghost workers*) yang sulit dilacak kebenarannya [3]. Lebih lanjut, arsitektur terpusat membutuhkan biaya operasional administratif yang tinggi dan tidak mampu menjamin transparansi serta kepatuhan instan (*instant compliance*) tanpa pengawasan pihak ketiga [4].

Sebagai respons terhadap masalah likuiditas pekerja, konsep *Earned Wage Access* (EWA) mulai diadaptasi. Namun, implementasinya di arsitektur Web2 masih terkendala oleh jam operasional perbankan dan beban komputasi peladen (*server*) jika harus melakukan pembaruan saldo secara berkelanjutan per detik. Teknologi *blockchain* menawarkan paradigma alternatif melalui konsep

programmable payments yang memungkinkan eksekusi transaksi secara otomatis berdasarkan pemicu matematis tanpa intervensi pihak perantara [5]. Melalui penerapan *smart contract*, aturan kompensasi dikodekan menjadi eksekusi deterministik yang menghasilkan rekam jejak tidak dapat diubah (*immutable record-keeping*), sehingga meningkatkan akurasi dan menghilangkan bias administratif [6]. Pendekatan ini memungkinkan implementasi *streaming payment*, di mana kompensasi pekerja dapat dihitung secara dinamis.

Keberhasilan sistem penggajian berbasis *blockchain* sangat bergantung pada stabilitas nilai aset yang ditransaksikan dan kemampuannya berintegrasi dengan layanan finansial lain. Penggunaan *stablecoin* yang dipatok pada mata uang fiat memberikan solusi krusial untuk mentransfer nilai dengan kecepatan tinggi dan biaya rendah tanpa mengekspos pekerja pada volatilitas harga kripto [7]. Selain itu, arsitektur Ethereum *Virtual Machine* (EVM) bersifat *composable* dengan ekosistem *Decentralized Finance* (DeFi). Ekosistem DeFi terbukti mampu mereplikasi fungsi intermediasi keuangan tradisional, seperti fasilitas peminjaman dan penghimpunan dana (*pooling funds*), tanpa memerlukan bank [8]. Prinsip yang sama diadaptasi pada penelitian ini dalam bentuk fasilitas kasbon (uang muka gaji) instan yang didanai langsung dari perbendaharaan (*vault*) perusahaan dan dilunasi secara otomatis melalui pemotongan sebagian klaim gaji berikutnya, tanpa keterlibatan perantara keuangan pihak ketiga.

Walaupun menawarkan tingkat transparansi dan efisiensi tinggi, perancangan sistem penggajian berbasis *smart contract* untuk skala perusahaan masih menghadapi tantangan fungsional. Arsitektur yang dibangun harus mampu menjembatani kompleksitas interaksi *blockchain* agar dapat diakses dengan mudah oleh pekerja awam, sekaligus memiliki mekanisme yang kuat untuk memastikan bahwa aliran dana dari perbendaharaan perusahaan hanya terdistribusi kepada entitas pegawai yang sah secara hukum. Diperlukan sebuah pendekatan pengembangan yang tidak hanya fokus pada desentralisasi, tetapi juga pada aspek skalabilitas dan kenyamanan pengguna akhir.

Bertolak dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan melakukan rancang bangun sistem *payroll* terdesentralisasi dengan mekanisme *streaming*

payment menggunakan *smart contract* berbasis Solidity. Sistem ini dirancang dengan pendekatan arsitektur komersial yang mengintegrasikan otomatisasi penggajian, fitur likuiditas darurat (*Earned Wage Access*), serta optimasi antarmuka pengguna. Melalui perancangan ini, diharapkan dapat tercipta sebuah infrastruktur penggajian yang tidak hanya kebal dari manipulasi data dan efisien secara komputasi, tetapi juga inklusif dan responsif terhadap kebutuhan finansial pekerja modern.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, sistem penggajian konvensional terbukti memiliki keterbatasan dalam memfasilitasi kompensasi secara *real-time* dan rentan terhadap manipulasi data terpusat. Meskipun teknologi *smart contract* pada jaringan *blockchain* menawarkan eksekusi yang transparan dan otomatis untuk mekanisme *streaming payment*, adopsinya pada skala perusahaan terhambat oleh kompleksitas interaksi pengguna (seperti kewajiban membayar *gas fee*), tantangan dalam memvalidasi identitas kepegawaian yang sah di jaringan publik, serta inefisiensi dalam mengambil data transaksi *on-chain* untuk disajikan ke antarmuka aplikasi.

Oleh karena itu, rumusan masalah utama dalam penelitian ini adalah: Bagaimana merancang dan membangun sistem *payroll* terdesentralisasi dengan mekanisme *streaming payment* dan *Earned Wage Access* (EWA) yang mengintegrasikan solusi transaksi tanpa biaya komputasi (*gasless transaction*) berbasis *Account abstraction* (ERC-4337), otorisasi identitas kepegawaian digital yang tidak dapat dipindahtangankan berbasis *Soulbound Token* (ERC-5192), serta *sinkronisasi* data transaksi *on-chain* secara *real-time* melalui *blockchain indexer*, beserta logika bisnis penggajian pendukung berupa kepatuhan pajak, kasbon, dan pemutusan hubungan kerja dengan persetujuan secara *on-chain*, guna menghasilkan arsitektur penggajian yang *trustless* dan dapat dioperasikan tanpa pengetahuan teknis *blockchain* oleh pengguna akhir?

1.3. Batasan Masalah

Agar perancangan dan implementasi dalam penelitian ini tetap terarah, memiliki kedalaman teknis yang memadai, dan tidak menyimpang dari tujuan utama, ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengembangan, simulasi, dan pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan di atas lingkungan *testnet* berbasis Ethereum *Virtual Machine* (EVM); penyebaran (*deployment*) pada jaringan utama (*mainnet*) berada di luar cakupan penelitian ini.
2. Pengembangan logika inti *smart contract* (meliputi *Vault, Streaming payment,* Kasbon, dan mekanisme pesangon) dibangun menggunakan bahasa pemrograman Solidity dengan *framework* Foundry.
3. Media pertukaran nilai yang digunakan untuk simulasi penggajian dan *Earned Wage Access* (EWA) direpresentasikan secara eksklusif menggunakan *token stablecoin* dengan standar ERC-20.
4. Implementasi transaksi tanpa biaya komputasi (*gasless transaction*) dibatasi pada penggunaan standar *Account abstraction* (ERC-4337) yang dioperasikan melalui *Bundler* dan *Paymaster* pada sisi *backend*.
5. Mekanisme verifikasi identitas dan pembuktian status kepegawaian digital hanya didasarkan pada implementasi *Soulbound Token* dengan standar ERC-5192 yang tidak dapat dipindahtangankan.
6. Sinkronisasi dan pengindeksan data transaksi *on-chain* untuk menunjang performa antarmuka pengguna (*frontend*) secara *real-time* dibatasi menggunakan *framework* Ponder yang disajikan melalui protokol GraphQL.

Sistem ini berfokus pada arsitektur teknis perangkat lunak. Perhitungan PPh21 skema Tarif Efektif Rata-rata (PMK 168/2023), BPJS, dan pesangon diimplementasikan sebagai simulasi kepatuhan pada level *smart contract*; adapun validitas hukum yang mengikat atas perhitungan tersebut, aspek kepatuhan hukum ketenagakerjaan dunia nyata, serta konversi langsung ke mata uang fiat melalui gerbang pembayaran (*payment gateway*) berada di luar ruang lingkup penelitian ini. Status pengakuan hukum *stablecoin* IDRX oleh otoritas terkait (Otoritas Jasa Keuangan dan Bank Indonesia) sebagai instrumen pembayaran sah tidak termasuk

dalam ruang lingkup penelitian ini; IDRX digunakan murni sebagai instrumen teknis pengujian sistem *streaming payment* berbasis ERC-20.

1.4. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan dan batasan masalah yang telah diuraikan, pertanyaan penelitian yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang arsitektur *smart contract* berbasis Solidity yang mampu mengotomasi proses penggajian dan eksekusi *streaming payment* secara *trustless* dan dapat dioperasikan tanpa pengetahuan teknis *blockchain* oleh pengguna akhir?
2. Bagaimana mengimplementasikan standar *Account abstraction* (ERC-4337) ke dalam sistem untuk memfasilitasi transaksi tanpa biaya komputasi (*gasless*) bagi pekerja saat mengakses *Earned Wage Access* (EWA)?
3. Bagaimana menerapkan standar *Soulbound Token* (ERC-5192) sebagai mekanisme validasi identitas dan status kepegawaian digital yang tidak dapat dipindahtangankan?
4. Bagaimana mengintegrasikan *smart contract* dengan *blockchain indexer* berbasis Ponder guna menyajikan data riwayat transaksi *on-chain* secara *real-time* pada antarmuka aplikasi?

1.5. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan pertanyaan penelitian di atas, tujuan dari perancangan dan implementasi dalam penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan rancangan arsitektur *smart contract* berbasis Solidity yang mampu mengeksekusi proses penggajian dan mekanisme *streaming payment* secara otomatis dan terdesentralisasi.
2. Menerapkan eksekusi *Account abstraction* (ERC-4337) untuk memfasilitasi pengguna awam dalam melakukan transaksi klaim upah secara *gasless*.
3. Mengimplementasikan *Soulbound Token* (ERC-5192) sebagai lapisan keamanan untuk menjamin integritas dan validitas status kepegawaian di

dalam protokol.

4. Membangun integrasi yang andal antara *smart contract* dan *blockchain indexer* (Ponder) guna mengoptimalkan kecepatan *sinkronisasi* data transaksi pada sistem antarmuka (*frontend*).

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian mengenai rancang bangun sistem *payroll* terdesentralisasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan, baik terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi informasi maupun terhadap implementasi praktis di industri manajemen sumber daya manusia. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.6.1. Manfaat Teoritis

1. **Kontribusi pada Bidang Rekayasa Perangkat Lunak Terdesentralisasi:** Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dalam pemodelan arsitektur aplikasi terdesentralisasi (*decentralized applications*) pada ekosistem EVM, khususnya dalam merancang sistem penggajian kritis yang terintegrasi secara aman dengan logika kontrak pintar.
2. **Pengayaan Literatur Arsitektur Keuangan Web3:** Menjadi salah satu referensi akademis mengenai penerapan konsep komposabilitas (*composability*) dalam ekosistem keuangan terdesentralisasi (DeFi) untuk menjembatani aliran dana penggajian *real-time* dengan pemrosesan likuiditas darurat.
3. **Pengembangan Studi Optimasi Pengalaman Pengguna Web3:** Memperluas kajian mengenai metode reduksi hambatan teknis (*UX friction*) bagi pengguna awam melalui implementasi arsitektur transaksi tanpa biaya, serta pemanfaatan *token* yang tidak dapat dipindahtangankan sebagai instrumen verifikasi identitas digital di jaringan publik.

1.6.2. Manfaat Praktis

1. **Bagi Perusahaan dan Praktisi Manajemen Perbendaharaan**: Menyediakan draf arsitektur sistem tata kelola kas dan penggajian yang transparan, otomatis, dan mandiri, sehingga dapat mengeliminasi biaya operasional administrasi pihak ketiga serta memitigasi risiko manipulasi data internal (*insider threat*).
2. **Bagi Pekerja dan Karyawan**: Memberikan solusi teknologi yang inklusif untuk meningkatkan likuiditas personal pekerja melalui mekanisme akses upah yang responsif dan fleksibel, tanpa harus terikat pada kekakuan siklus pembayaran periodik tradisional.
3. **Bagi Peneliti Selanjutnya**: Menjadi panduan teknis, acuan perancangan sistem, serta basis pengembangan (codebase) bagi peneliti lain yang ingin mengeksplorasi pengembangan perangkat lunak SaaS berbasis *blockchain* dengan fokus pada optimalisasi kecepatan penyajian data transaksi.