

Sistem sertifikat tanah konvensional di Indonesia menghadapi permasalahan sistemik seperti kerentanan pemalsuan dokumen, proses validasi tidak efisien, minimnya transparansi, dan risiko *single point of failure*. Data BPN menunjukkan dari 126 juta bidang tanah, baru 74% bersertifikat dengan proses rata-rata 3 bulan, sementara Indeks Persepsi Korupsi Indonesia hanya 34 dari 100 menunjukkan tingginya potensi korupsi dalam sistem berbasis dokumen fisik dan *database* terpusat. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penerapan teknologi *blockchain* untuk sistem sertifikat tanah, namun masih memiliki keterbatasan dalam hal standar tokenisasi, otomatisasi transfer kepemilikan, dan integrasi *backend off-chain* yang komprehensif. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem *backend* manajemen sertifikat tanah menggunakan *smart contract* Ethereum dengan standar ERC-721 (*Non-Fungible Token*), integrasi IPFS untuk penyimpanan terdesentralisasi, dan implementasi *role-based access control* (RBAC) untuk BPN, notaris/PPAT, dan pemilik tanah. Metodologi pengembangan menggunakan pendekatan *Agile* dengan pengembangan *smart contract* menggunakan bahasa pemrograman Solidity dan *framework* Foundry, serta aplikasi *backend off-chain* menggunakan Go yang terintegrasi dengan IPFS dan PostgreSQL. Hasil pengujian menunjukkan performa yang sangat baik dengan tingkat *code coverage* 95.75% pada 64 *test cases*, *throughput backend* di atas 1,400 *requests* per detik dengan waktu respons rata-rata di bawah 80 milidetik yang menunjukkan responsivitas tinggi, dan performa *local blockchain* Anvil mencapai 120.7 TPS yang memadai untuk kebutuhan pengembangan dan pengujian. Evaluasi menunjukkan sistem memiliki reliabilitas dan performa yang sangat baik dengan tingkat keamanan dan efisiensi yang tinggi. Sistem berhasil mengotomatisasi alur kerja sertifikasi tanah digital dengan transparansi penuh, RBAC yang membatasi akses sesuai wewenang, tokenisasi sertifikat sebagai NFT unik yang tidak dapat dipalsukan, dan integrasi IPFS yang menghilangkan *single point of failure*.

Kata kunci: *Blockchain*, *Smart Contract*, Sertifikat Tanah, ERC-721, IPFS, Ethereum

Indonesia's conventional land certificate system faces systemic issues including vulnerability to document forgery, inefficient validation processes, lack of transparency, and single point of failure risks. BPN data shows that out of 126 million land parcels, only 74% are certified with an average processing time of 3 months, while Indonesia's Corruption Perception Index of only 34 out of 100 indicates high corruption potential in systems based on physical documents and centralized databases. Several previous studies have explored the application of blockchain technology for land certificate systems, but still have limitations in terms of tokenization standards, ownership transfer automation, and comprehensive off-chain backend integration. This research designs and implements a land certificate management backend system using Ethereum smart contracts with ERC-721 (Non-Fungible Token) standards, IPFS integration for decentralized storage, and role-based access control (RBAC) implementation for BPN, notaries, and land owners. The development methodology uses an Agile approach with smart contract development using Solidity programming language and Foundry framework, as well as off-chain backend applications using Go integrated with IPFS and PostgreSQL. Test results demonstrate excellent performance with 95.75% code coverage across 64 test cases, backend throughput above 1,400 requests per second with average response times under 80 milliseconds showing high responsiveness, and local blockchain Anvil performance reaching 120.7 TPS which is adequate for development and testing needs. Evaluation shows the system has excellent reliability and performance with high levels of security and efficiency. The system successfully automates digital land certification workflows with full transparency, RBAC that restricts access according to authority, certificate tokenization as unique unforgeable NFTs, and IPFS integration that eliminates single points of failure.

Keywords: Blockchain, Smart Contract, Land Certificate, ERC-721, IPFS, Ethereum