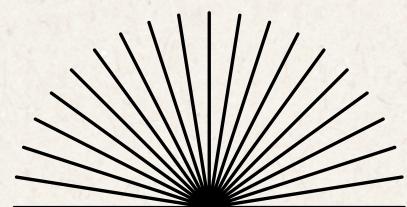


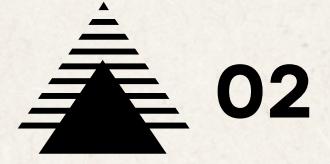


IMPLEMENTASI SOULBOUND TOKEN DENGAN ENKRIPSI METADATA OFF-CHAIN UNTUK SERTIFIKASI DIGITAL IJAZAH BERBASIS BLOCKCHAIN DENGAN FOKUS PADA PRIVASI DATA

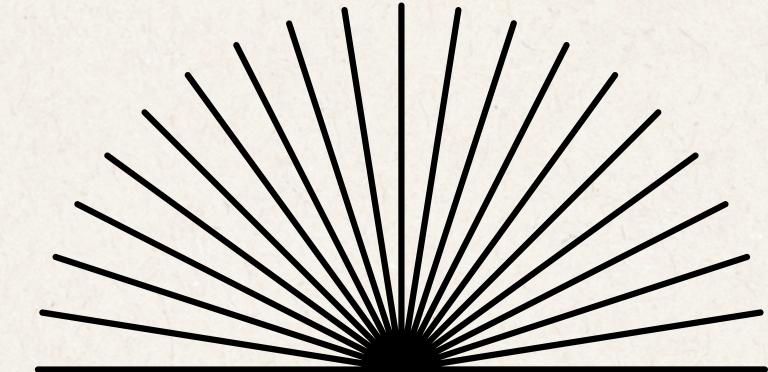
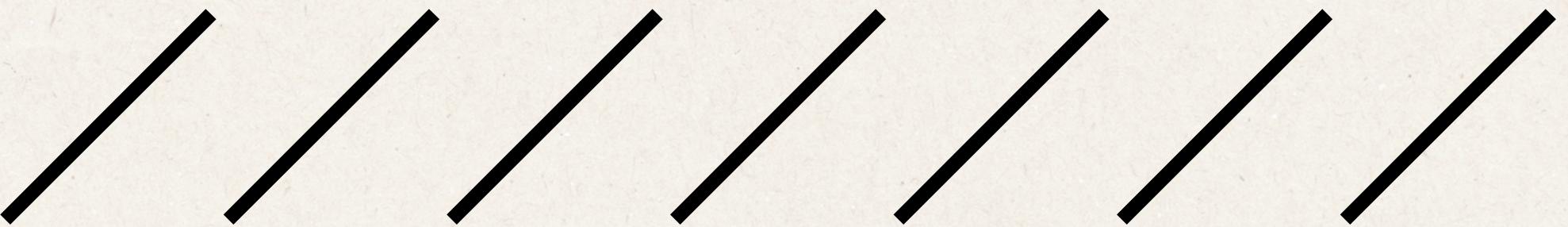
Ryan Bagus Bimantoro / 22081010270



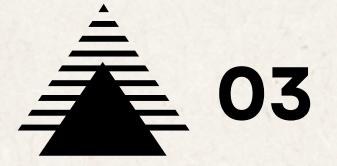
Latar Belakang



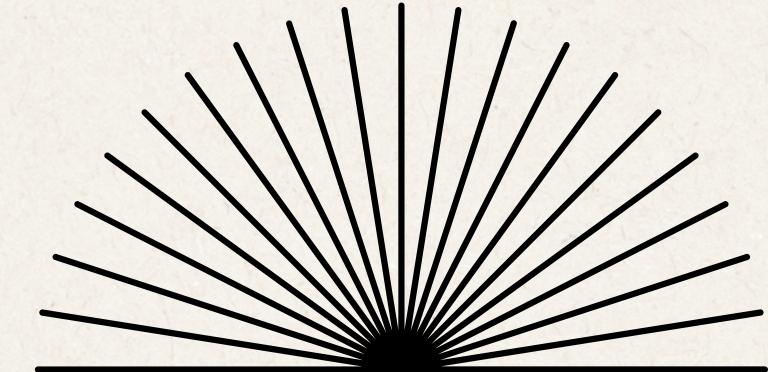
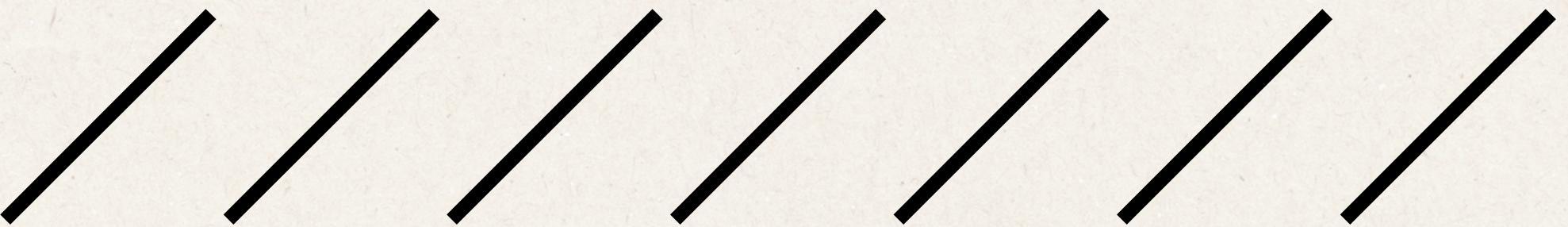
- Teknologi blockchain semakin banyak digunakan di bidang pendidikan, terutama untuk sertifikasi digital.
- Non-Fungible Token (NFT) populer sebagai sertifikat digital karena mampu mencatat kepemilikan dan autentikasi dokumen secara transparan.
- Kelemahan NFT: dapat dipindah tangankan, sehingga sertifikat yang seharusnya melekat pada pemilik bisa dialihkan atau dijual, menimbulkan risiko validitas.
- Soulbound Token (SBT) adalah token non-fungible yang tidak dapat dipindah tangankan dan cocok untuk merepresentasikan identitas, kredensial, atau pencapaian digital secara permanen.
- SBT menawarkan keamanan lebih tinggi untuk sertifikasi ijazah digital karena kepemilikan sertifikat tidak dapat dialihkan.



Latar Belakang



- Tantangan SBT: privasi data, karena sertifikat pendidikan memuat informasi sensitif (nama, NIK/NIM, nilai, jurusan).
- Pendekatan off-chain metadata encryption menyimpan data sensitif secara terenkripsi di IPFS, sedangkan blockchain hanya menyimpan hash atau referensinya.
- Mekanisme ini memungkinkan verifikasi SBT secara publik tanpa mengorbankan kerahasiaan data pribadi.
- Penerapan sertifikasi digital harus memperhatikan regulasi yang berlaku untuk perlindungan data pribadi.
- Di Indonesia, pengelolaan data pendidikan diatur oleh UU No. 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi, yang mengatur pemrosesan data pribadi dan kewajiban pengendali/prosesor data.



Rumusan Masalah

1. Bagaimana SBT dapat diterapkan sebagai media sertifikasi ijazah digital yang tidak dapat dipindahtangankan?
2. Bagaimana mekanisme off-chain metadata encryption dapat meningkatkan privasi data pada SBT untuk ijazah digital?
3. Bagaimana arsitektur sistem yang mengintegrasikan blockchain, IPFS, dan SBT untuk verifikasi ijazah digital yang aman, efisien, dan sesuai regulasi?

Tujuan Penelitian

1. Mendesain dan mengimplementasikan model sertifikasi ijazah digital berbasis SBT.
2. Menerapkan mekanisme off-chain metadata encryption untuk menjaga kerahasiaan data pribadi.
3. Menyusun arsitektur sistem yang aman, efisien, dan patuh terhadap regulasi yang berlaku dalam digitalisasi sertifikasi ijazah.

Manfaat Penelitian

1. Akademik: Menambah literatur terkait penerapan SBT dalam sertifikasi digital dengan fokus pada privasi data.
2. Praktis: Memberikan solusi bagi institusi pendidikan dalam digitalisasi ijazah secara aman dan efisien.
3. Teknis: Menjadi acuan dalam pengembangan sistem berbasis blockchain dengan integrasi penyimpanan off-chain untuk data sensitif.
4. Regulasi: Menunjukkan kepatuhan terhadap undang-undang perlindungan data pribadi dan regulasi pendidikan digital.

Batasan Penelitian

1. Penelitian ini hanya membahas penerapan SBT untuk sertifikasi ijazah.
2. Data pribadi (nama, NIK, nilai) disimpan secara terenkripsi off-chain menggunakan IPFS.
3. Blockchain yang digunakan bersifat testnet atau simulasi untuk demonstrasi konsep, bukan mainnet langsung.
4. Penelitian fokus pada aspek arsitektur dan privasi, bukan aspek legal formal atau regulasi pendidikan secara rinci.

Penelitian Terdahulu

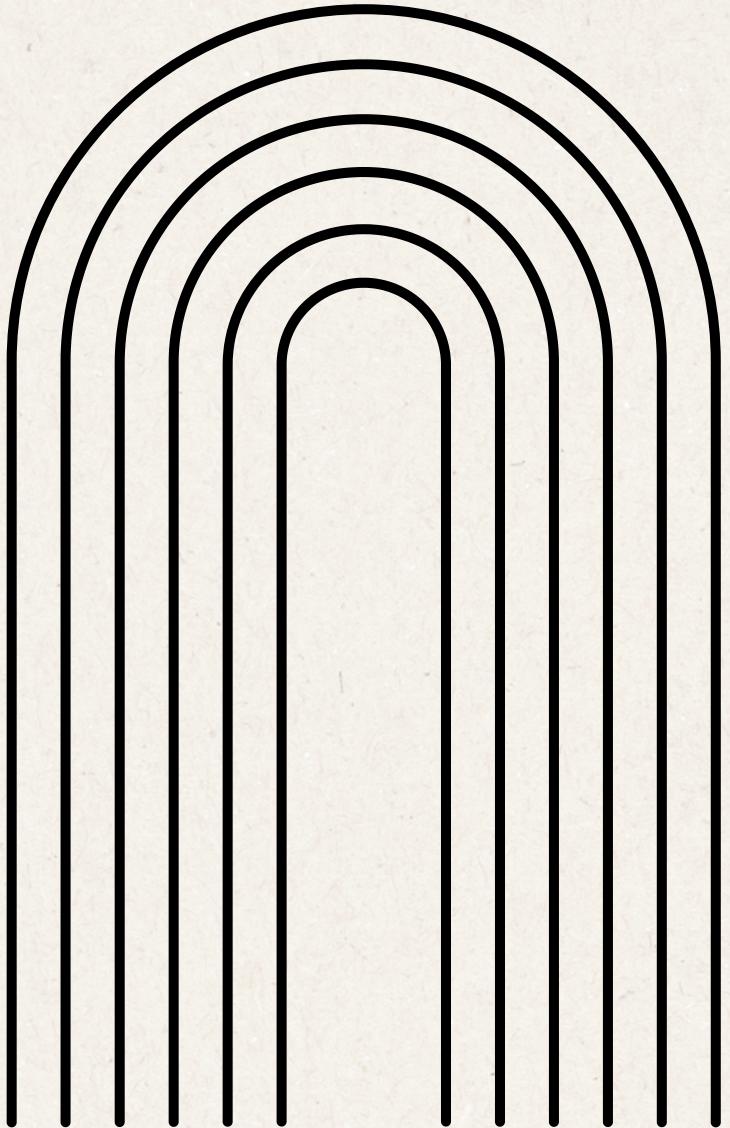
1. Strengthening Data Integrity in Academic Document Recording with Blockchain and IPFS

Fokus: Penggunaan blockchain dan IPFS untuk menjaga integritas dokumen akademik seperti ijazah dan transkrip.

Metode: Pengembangan smart contract di jaringan Ethereum untuk penyimpanan hash file IPFS.

Keterbatasan / Gap:

1. Belum mengintegrasikan konsep SBT sebagai representasi identitas permanen penerima ijazah.
2. Tidak menggunakan mekanisme enkripsi metadata off-chain untuk menjaga privasi data mahasiswa.
3. Fokus masih pada integritas dan keaslian dokumen, belum menyentuh aspek kepemilikan digital dan perlindungan data pribadi.



Penelitian Terdahulu

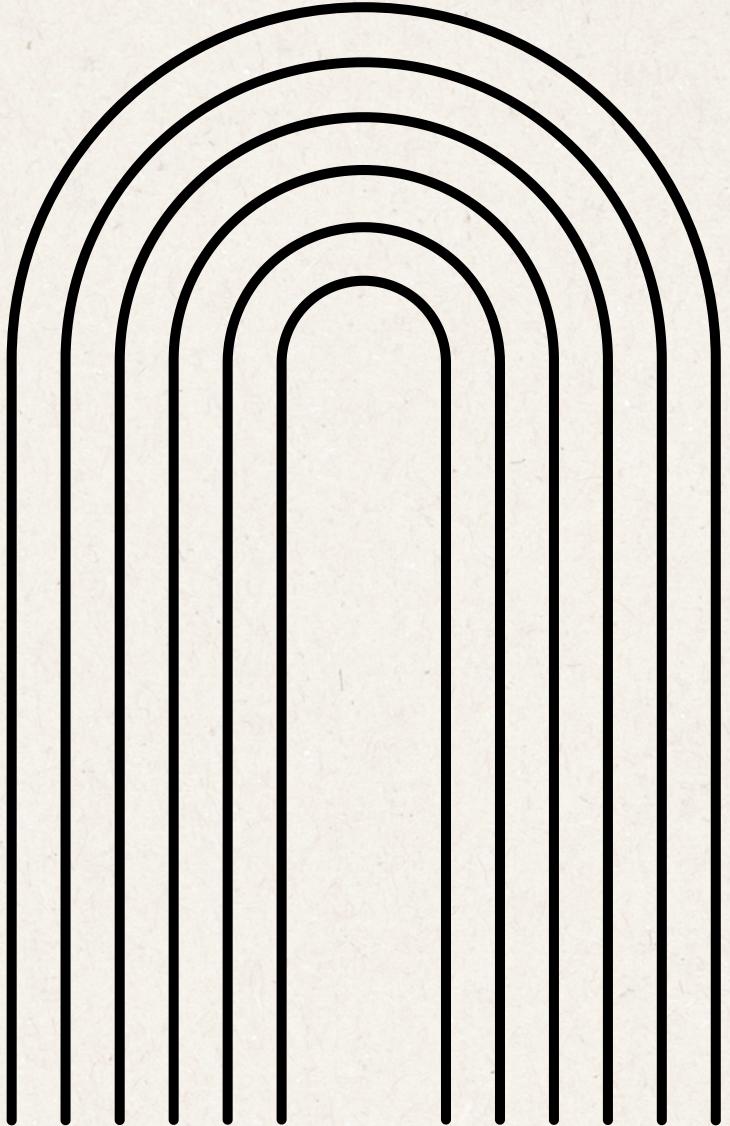
2. Implementasi IPFS untuk Mengurangi Gas Fee Smart Contract Ethereum pada Aplikasi Penggalangan Dana

Fokus: Optimalisasi biaya transaksi (gas fee) pada smart contract Ethereum melalui penerapan IPFS sebagai penyimpanan data terdesentralisasi.

Metode: Integrasi dengan IPFS untuk penyimpanan data non-kritis (misalnya deskripsi proyek, bukti donasi) agar mengurangi ukuran data on-chain.

Keterbatasan / Gap:

1. Fokus penelitian masih pada efisiensi biaya transaksi, belum menyentuh aspek privasi atau enkripsi data pada IPFS.
2. Tidak membahas penerapan mekanisme tokenisasi non-transferable seperti Soulbound Token (SBT).



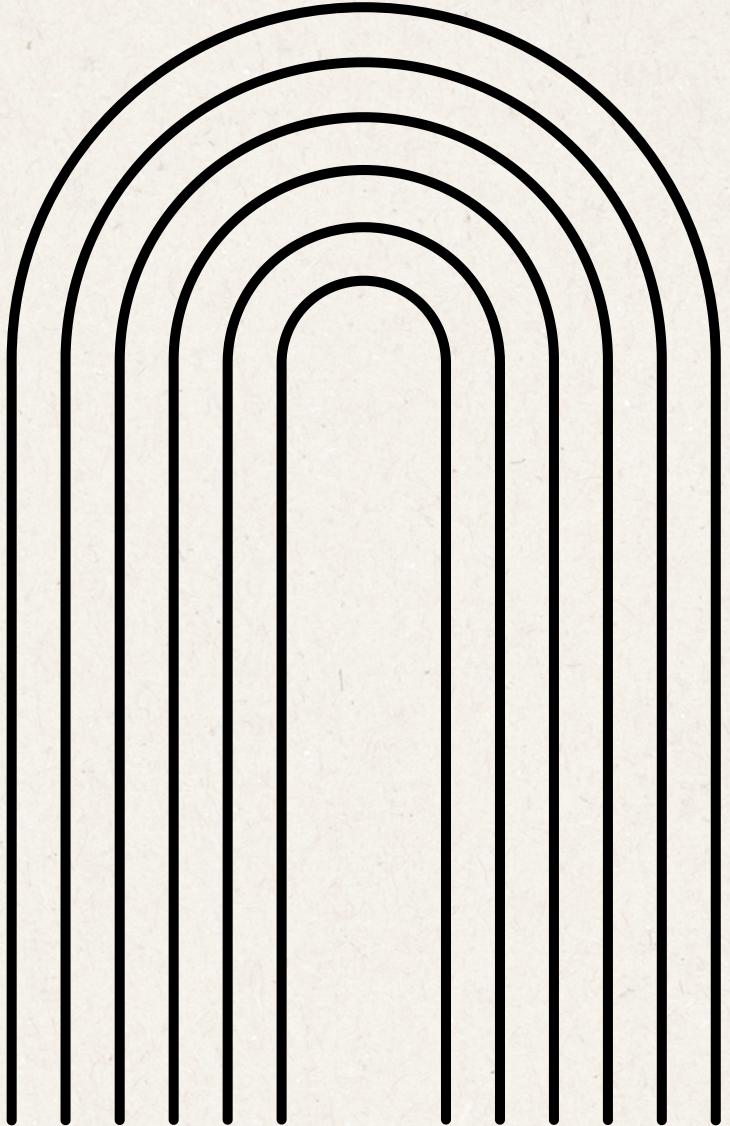
Penelitian Terdahulu

3. Pengaruh Teknologi Blockchain terhadap Keabsahan Ijazah

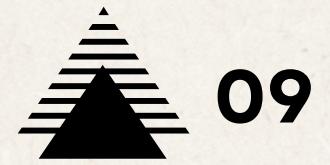
Fokus: Meneliti penggunaan blockchain untuk meningkatkan keaslian dan keabsahan ijazah serta mencegah pemalsuan dokumen akademik melalui sistem verifikasi terdesentralisasi.

Metode: Pendekatan analisis deskriptif dan studi pustaka untuk meninjau potensi blockchain dalam validasi ijazah digital.**Keterbatasan / Gap:**

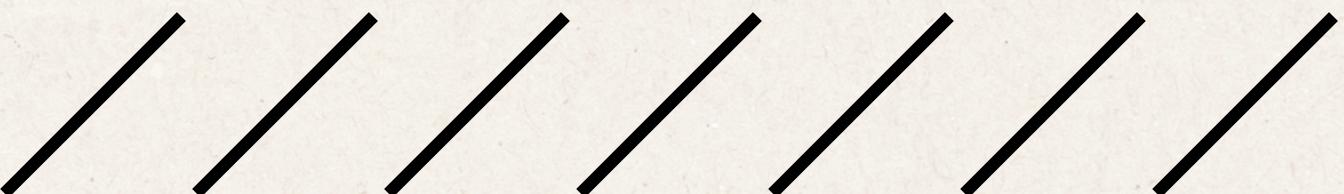
1. Penelitian masih bersifat konseptual dan belum ada implementasi sistem nyata.
2. Belum mencakup aspek pengujian sistem atau prototipe.
3. Tidak membahas privasi data mahasiswa.
4. Belum mengintegrasikan arsitektur token seperti Soulbound Token (SBT).



Gap Analisis



- Sebagian besar penelitian masih bersifat konseptual tanpa implementasi teknis penuh.
- NFT digunakan secara luas, namun tidak cocok untuk sertifikat akademik karena dapat dipindah tangankan.
- Aspek privasi data pribadi belum dibahas secara mendalam.
- Penerapan SBT untuk ijazah universitas masih sangat terbatas.
- Belum ada integrasi off-chain metadata encryption (IPFS) untuk melindungi data sensitif mahasiswa.



Metodologi Penelitian

1. Analisis Kebutuhan

- Mengidentifikasi permasalahan dalam proses sertifikasi ijazah konvensional.
- Mengkaji keterbatasan penggunaan NFT dalam konteks sertifikat akademik.
- Menentukan kebutuhan sistem berbasis SBT yang aman, privat, dan tidak dapat dipindah tangankan.

2. Perancangan Sistem

- Mendesain arsitektur sistem berbasis blockchain dan IPFS.
- Menentukan model smart contract untuk penerbitan dan verifikasi SBT ijazah.
- Menyusun skema enkripsi metadata off-chain untuk data pribadi seperti nama, NIK, dan nilai akademik.
- Mendesain antarmuka pengguna berbasis framework Next.js untuk interaksi verifikasi.

Metodologi Penelitian

3. Implementasi

- Mengembangkan smart contract menggunakan Solidity dan menerapkannya pada testnet Ethereum atau Polygon.
- Mengintegrasikan IPFS untuk penyimpanan metadata terenkripsi.
- Mengimplementasikan frontend berbasis Next.js dengan koneksi melalui library Wagmi/Viem.
- Menyusun sistem alur kerja: penerbitan oleh universitas, tampilan oleh mahasiswa, dan verifikasi oleh publik.

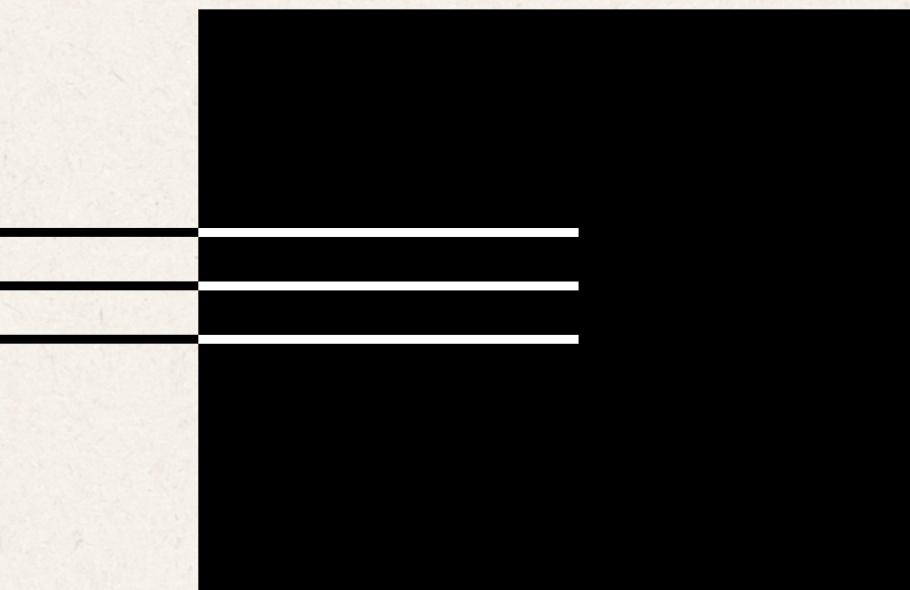
4. Pengujian

- **Pengujian fungsionalitas:** memastikan token diterbitkan dan diverifikasi dengan benar.
- **Pengujian keamanan data:** mengevaluasi proses enkripsi-dekripsi metadata pada IPFS.
- **Pengujian integrasi:** memeriksa interaksi antara blockchain, IPFS, dan frontend.
- **Pengujian performa:** menilai efisiensi gas fee, kecepatan akses data, dan keandalan sistem.

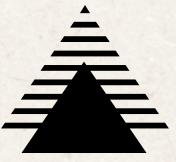
Metodologi Penelitian

5. Evaluasi

- Menganalisis hasil pengujian dan menilai apakah sistem memenuhi kebutuhan yang telah ditentukan.
- Meng evaluasi tingkat perlindungan data pribadi dan keefektifan mekanisme SBT sebagai solusi non-transferable credential.



- **Strengthening data integrity in academic document recording with blockchain and InterPlanetary file system** - Taufiq Rizky Darmawan Suseño (2024)
- **PENGARUH TEKNOLOGI BLOCKCHAIN TERHADAP KEABSAHAN IJAZAH** - Untung Rahardja (2021)
- **Implementasi Blockchain untuk Keamanan Data Akademik dalam Sistem Informasi Perguruan Tinggi** - Subarkah (2025)
- **BLOCKCHAIN: TEKNOLOGI DAN IMPLEMENTASINYA** - Aprianti (2024)
- **Pengembangan Decentralized Application (DApp) untuk Manajemen Sertifikat Digital menggunakan Non-Fungible Tokens (NFT) berbasis Standar ERC-721 di Jaringan Ethereum** - Bayu Al Ikhlas Swari (2021)
- **Rancang Bangun Aplikasi Pengelolaan Sertifikat Digital Berbasis NFT Pada Jaringan Solana** - Matthew Immanuel Sumita (2025)
- **Implementasi IPFS untuk Mengurangi Gas Fee Smart Contract Ethereum pada Aplikasi Penggalangan Dana** - Hutomo Sakti Kartiko (2023)



TERIMA KASIH

