

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan berikut merupakan intisari dari pembahasan penelitian yang menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian, yaitu mengembangkan sistem donasi berbasis kontrak pintar pada blockchain Ethereum untuk meningkatkan transparansi, keamanan, dan efisiensi, khususnya bagi organisasi nirlaba kecil di Indonesia, sebagaimana dibuktikan pada Bab IV (Hasil dan Pembahasan):

1. **Transparansi dan Keandalan:** Sistem donasi berbasis kontrak pintar `CryptoDonationMultiCurrency.sol` berhasil mencatat semua transaksi donasi secara transparan dan imutabel di blockchain Ethereum. Pengujian di Bab IV (Sub-bab 4.3.1) menunjukkan 100% transaksi donasi dalam ETH dan token ERC-20, termasuk stablecoin USDC dan IDRT, tercatat akurat dan dapat diverifikasi melalui fungsi `getDonation`. Antarmuka dApp berbasis React Vite menampilkan riwayat donasi secara real-time, meningkatkan kepercayaan donatur.
2. **Keamanan:** Kontrak pintar terbukti aman terhadap serangan reentrancy dan akses tidak sah, menggunakan modifier `nonReentrant` dan `onlyOwner` dari `OpenZeppelin` (Bab IV, Sub-bab 4.3.3). Pengujian dengan kontrak `MaliciousReentrant.sol` menunjukkan upaya serangan digagalkan, memastikan dana donasi terlindungi.
3. **Efisiensi:** Sistem ini lebih efisien dibandingkan sistem konvensional yang kehilangan 15-20% dana akibat biaya perantara (Bab I, Sub-bab 1.1). Pengujian 100 transaksi simulasi pada Hardhat localhost (Bab IV, Sub-bab 4.3.4) mencatat waktu transaksi rata-rata di bawah 5 detik dan konsumsi gas wajar (227,487 gas untuk `donateNative`, 340,505 gas untuk `donateERC20`), menunjukkan performa optimal di lingkungan simulasi.
4. **Fleksibilitas dan Relevansi:** Kontrak mendukung donasi dalam ETH dan token ERC-20, termasuk stablecoin USDC (6 desimal) dan IDRT (18 desimal), tanpa memerlukan modifikasi kode (Bab IV, Sub-bab 4.3.2).

Sistem ini relevan dengan konteks Indonesia, yang memiliki adopsi kripto tinggi (peringkat 3 global) dan regulasi progresif (501 kripto diperdagangkan, Bab I, Sub-bab 1.1), serta mendukung organisasi nirlaba kecil dalam meningkatkan transparansi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan tantangan yang dihadapi, berikut adalah saran untuk pengembangan lebih lanjut agar sistem dapat diimplementasikan dengan lebih baik di dunia nyata:

1. **Pengujian di Jaringan Publik:** Pengujian saat ini terbatas pada Hardhat localhost. Pengujian di jaringan publik seperti Sepolia Testnet atau Ethereum Mainnet diperlukan untuk memvalidasi performa di kondisi nyata, termasuk latensi dan fluktuasi biaya gas, yang dapat memengaruhi efisiensi.
2. **Optimalisasi Biaya Gas:** Meskipun konsumsi gas wajar di localhost, biaya gas di jaringan publik dapat melonjak. Mengadopsi solusi Layer 2 seperti Polygon atau Arbitrum dapat mengurangi biaya transaksi hingga 90%, membuat sistem lebih terjangkau bagi donatur dan organisasi.
3. **Perluasan Dukungan Stablecoin:** Pengujian telah menunjukkan kompatibilitas dengan USDC dan IDRT, tetapi daftar `_supportedTokens` perlu diperluas dengan stablecoin lain seperti USDT atau BUSD untuk meningkatkan fleksibilitas. Selain itu, dApp harus menyesuaikan tampilan jumlah donasi untuk mendukung perbedaan desimal (misalnya, 6 untuk USDC) agar lebih ramah pengguna.
4. **Kepatuhan Regulasi:** Implementasi di Indonesia memerlukan kepatuhan dengan regulasi OJK dan Bappebti, seperti pelaporan transaksi dan verifikasi identitas. Integrasi KYC on-chain atau oracle untuk verifikasi off-chain dapat memastikan dana sampai ke penerima yang sah.
5. **Peningkatan Aksesibilitas:** Sistem mengasumsikan pengguna memiliki dompet kripto seperti MetaMask, membatasi akses bagi donatur awam.

Menambahkan tutorial interaktif atau gateway fiat-to-crypto (misalnya, melalui Indodax) dapat memperluas jangkauan pengguna.

6. Tata Kelola yang Lebih Terdesentralisasi: Ketergantungan pada onlyOwner untuk fungsi kritis seperti penarikan dana dapat dikurangi dengan mekanisme DAO, memungkinkan komunitas donatur mengawasi alokasi dana dan meningkatkan kepercayaan.
7. Keamanan Tambahan: Meskipun tahan terhadap reentrancy, analisis kerentanan seperti front-running atau gas limit attacks perlu dilakukan, terutama di jaringan publik. Menggunakan pola upgradeable proxy dari OpenZeppelin dapat memungkinkan perbaikan bug pasca-deployment tanpa kehilangan data atau database utama yang tidak dapat diubah.

