

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem HRMS berbasis blockchain yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa transformasi sistem HRMS tradisional yang bergantung pada database terpusat dapat dilakukan menggunakan arsitektur ledger terdistribusi. Dengan memanfaatkan framework Laravel dan permissioned blockchain MultiChain, prototipe HRMS yang berhasil dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan manajemen informasi karyawan di lingkungan Dynapack Asia sekaligus mengatasi keterbatasan sistem konvensional terkait integritas data, transparansi, dan risiko single point of failure. Rekayasa ulang arsitektur data memungkinkan seluruh data transaksional dan historis including data master karyawan, cuti, izin, lembur, alur persetujuan, appraisal kinerja, hingga pengunduran diri dicatat secara permanen dalam stream MultiChain sebagai immutable ledger, dengan integrasi Laravel–MultiChain melalui RPC yang membuktikan bahwa proses bisnis HR yang kompleks dapat dipetakan dan diverifikasi di blockchain tanpa mengurangi fleksibilitas operasional. Pengukuran performa pada 20 endpoint kritis menunjukkan waktu respons yang sangat baik, dengan operasi read berada di rentang 121–867 ms dan create pada 482–1089 ms, sehingga dapat dipastikan bahwa integrasi blockchain tidak menimbulkan bottleneck signifikan dan sistem tetap responsif dalam skala enterprise. Hasil Black Box Testing memperlihatkan tingkat keberhasilan lebih dari 95% dan kemudahan penggunaan di berbagai peran, menunjukkan bahwa kompleksitas blockchain dapat diabstraksi sepenuhnya dari antarmuka sehingga pengguna menikmati pengalaman layaknya aplikasi web biasa namun dengan jaminan keamanan dan anti-manipulasi yang lebih kuat. Selain itu, hasil *User Acceptance Testing (UAT)* yang melibatkan pengguna dari divisi HR menunjukkan tingkat penerimaan yang sangat baik, dengan nilai evaluasi berada

pada rentang 84% hingga 90% pada seluruh aspek pengujian, meliputi fungsionalitas sistem, kinerja, kemudahan penggunaan, serta efisiensi proses kerja. Temuan ini mengindikasikan bahwa kompleksitas teknologi blockchain dapat diabstraksi sepenuhnya dari antarmuka pengguna, sehingga sistem tetap mudah digunakan tanpa memerlukan pemahaman teknis terkait blockchain. Evaluasi menggunakan Technology Acceptance Model (TAM) terhadap 21 responden juga menunjukkan penerimaan yang sangat tinggi, di mana Perceived Usefulness (PU) memperoleh skor 4,24–4,33, Perceived Ease of Use (PEOU) mencapai 4,05–4,43, dan Behavioral Intention (BI) berada pada 4,38–4,43, menegaskan manfaat nyata, kemudahan penggunaan, serta niat kuat pengguna untuk terus memakai sistem. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menjawab seluruh rumusan masalah secara komprehensif, membuktikan bahwa arsitektur HRMS berbasis blockchain dapat diimplementasikan secara nyata, memiliki performa yang stabil, diterima dengan baik oleh pengguna, dan layak diterapkan sebagai fondasi HRMS generasi berikutnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem HRMS berbasis blockchain, meskipun sistem telah menunjukkan performa yang baik dan diterima oleh pengguna, terdapat beberapa hal yang dapat diperbaiki dan dikembangkan lebih lanjut. Saran-saran ini bertujuan untuk meningkatkan fungsionalitas, pengalaman pengguna, serta keamanan dan skalabilitas sistem, sehingga implementasi di lingkungan produksi dapat berjalan lebih optimal dan berkelanjutan.

1. Meskipun UAT dan TAM menunjukkan penerimaan tinggi, beberapa pengguna menginginkan konfirmasi instan saat transaksi berhasil dicatat di blockchain, seperti pengajuan cuti, izin, lembur, atau persetujuan appraisal. Disarankan untuk menambahkan notifikasi real-time melalui email, push notification, atau web socket. Selain itu, penambahan indikator visual pada

antarmuka, seperti ikon “Terverifikasi di Chain” atau label status transaksi, akan meningkatkan kepercayaan, transparansi, dan kenyamanan pengguna.

2. Penelitian ini menggunakan MultiChain sebagai immutable ledger, namun penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi platform blockchain yang mendukung smart contract lebih kaya, seperti Hyperledger Fabric atau Ethereum private net. Smart contract memungkinkan otomatisasi proses bisnis yang kompleks, misalnya perhitungan sisa kuota cuti, pemrosesan payroll berdasarkan data lembur yang sudah diverifikasi, atau pemicu alur persetujuan secara otomatis. Hal ini akan mempercepat proses, mengurangi intervensi manual, dan meningkatkan akurasi data HR.
3. Sebelum implementasi skala penuh, disarankan melakukan stress testing lebih ekstensif untuk menilai skalabilitas jaringan, terutama terkait pertumbuhan ukuran ledger dan jumlah transaksi. Selain itu, perlu dikembangkan prosedur operasi standar (SOP) yang jelas terkait manajemen private key dan alamat wallet pengguna, karena kunci tersebut merepresentasikan identitas digital karyawan dan admin HR yang sangat krusial untuk keamanan sistem.
4. Meskipun blockchain menyediakan jaminan integritas data melalui sifat immutable, keamanan sistem secara keseluruhan tetap sangat bergantung pada lapisan aplikasi dan API yang digunakan untuk berinteraksi dengan jaringan blockchain. Pada arsitektur HRMS berbasis API seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini, potensi risiko keamanan dapat muncul dari sisi exposed endpoint, seperti penyalahgunaan API key, serangan replay, brute force, atau akses tidak sah akibat validasi otorisasi yang lemah. Oleh karena itu, disarankan untuk menerapkan mekanisme keamanan tambahan pada lapisan API, antara lain penggunaan autentikasi berlapis (misalnya OAuth 2.0 atau token berbasis JWT dengan masa berlaku terbatas), penerapan role-based access control (RBAC) yang ketat sesuai prinsip least privilege, serta pembatasan akses melalui rate limiting dan IP whitelisting. Selain itu, penggunaan enkripsi end-to-end pada komunikasi API dan pencatatan audit log yang terpusat untuk

seluruh aktivitas API sangat dianjurkan guna mendukung deteksi dini terhadap aktivitas mencurigakan. Dengan penguatan keamanan pada lapisan API, sistem blockchain tidak hanya aman secara struktural, tetapi juga terlindungi secara menyeluruh dari risiko keamanan operasional pada level aplikasi.

