

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

5.1.1 Pengembangan Sistem Rekomendasi Cryptocurrency

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem rekomendasi cryptocurrency yang dapat mengintegrasikan metrik popularitas dan tren investasi dari CoinGecko API. Sistem yang dibangun memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Integrasi Data Komprehensif: Sistem berhasil mengintegrasikan data popularitas (kapitalisasi pasar, volume perdagangan) dan tren investasi (perubahan harga, aktivitas sosial) dari 1.000 proyek cryptocurrency teratas melalui CoinGecko API. Data ini diproses melalui pipeline ETL (Extract, Transform, Load) yang sistematis untuk menghasilkan rekomendasi yang relevan dan kontekstual.
2. Implementasi Multi-Model: Tiga model rekomendasi telah berhasil diimplementasikan dan dievaluasi:
 - Feature-Enhanced Collaborative Filtering (FECF): Menunjukkan keunggulan dalam menangani cold-start problem dengan Hit Ratio@10 mencapai 81.65% dan MRR 0.5871
 - Neural Collaborative Filtering (NCF): Memberikan peningkatan performa signifikan (125% improvement dalam Precision@10) untuk pengguna dengan interaksi tinggi (30+ interaksi)

- Hybrid Model: Mencapai performa terbaik secara konsisten dengan Precision@10 = 0.3842 dan NDCG@10 = 0.4113 pada kategori pengguna aktif
3. Adaptive Weighting Mechanism: Model Hybrid mengimplementasikan mekanisme pembobotan adaptif berdasarkan jumlah interaksi pengguna, yang memungkinkan sistem memberikan rekomendasi optimal untuk berbagai tipe pengguna mulai dari cold-start users hingga power users.

5.1.2 Pengembangan API Layanan Rekomendasi

Sistem rekomendasi telah berhasil diintegrasikan dalam arsitektur aplikasi web yang production-ready dengan karakteristik:

1. Arsitektur Hybrid: Implementasi FastAPI untuk backend Python (recommendation engine) dan Laravel untuk frontend/backend PHP telah berhasil menciptakan separation of concerns yang optimal dengan response time rata-rata di bawah 25ms untuk rekomendasi personal.
2. Web3 Integration: Sistem berhasil mengintegrasikan fitur Web3-native termasuk:
 - Wallet-based authentication menggunakan signature verification
 - Multi-chain blockchain analytics (Ethereum, BSC, Polygon, Avalanche)
 - Real-time portfolio tracking dengan native token focus
 - Cross-chain analytics dengan spam detection accuracy 98.5%

3. Technical Analysis Enhancement: Sistem menyediakan technical analysis dengan periode indikator yang fully configurable dan market regime detection otomatis, memberikan fleksibilitas yang tidak tersedia dalam platform existing.

5.1.3 Performa dan Efektivitas Sistem

Evaluasi komprehensif menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki performa yang memuaskan:

1. Akurasi Rekomendasi: Model Hybrid mencapai $\text{Precision}@10 = 0.3842$ untuk pengguna aktif, menunjukkan bahwa 38.42% dari top-10 rekomendasi relevan dengan preferensi pengguna.
2. Penanganan Cold-Start Problem: Model FECF berhasil mengatasi cold-start problem dengan $\text{Hit Ratio}@10 = 63.73\% \pm 0.0472$, memungkinkan pengguna baru mendapatkan rekomendasi berkualitas sejak pertama kali menggunakan sistem.
3. Scalability dan Performance: Sistem menunjukkan computational efficiency yang baik dengan inference time di bawah 25ms dan memory usage yang optimal untuk deployment production.
4. Coverage dan Diversity: Sistem berhasil mengidentifikasi dan merekomendasikan proyek dari 10+ kategori cryptocurrency dengan distribusi yang seimbang, mencakup Smart Contract Platform (17.7%), DeFi (9.8%), AI (9.1%), dan kategori lainnya.

5.1.4 Kontribusi Metodologis

Penelitian ini memberikan kontribusi metodologis dalam pengembangan sistem rekomendasi untuk domain cryptocurrency:

1. Adaptive Hybrid Framework: Pengembangan framework hybrid dengan adaptive weighting berdasarkan user interaction count yang dapat diadopsi untuk domain lain dengan karakteristik data sparse.
2. Cryptocurrency-Specific Features: Integrasi metrik spesifik cryptocurrency (popularity score, trend score, developer activity) dalam algoritma collaborative filtering yang meningkatkan relevansi rekomendasi.
3. Production Deployment Architecture: Implementasi arsitektur deployment yang memisahkan ML workloads dan web application dalam single-server environment yang cost-effective namun scalable.

5.2 Saran

5.2.1 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

1. Deep Learning Enhancement: Eksplorasi arsitektur deep learning yang lebih advanced seperti Graph Neural Networks (GNN) untuk modeling relationship antar cryptocurrency projects dan Transformer-based models untuk sequence modeling dalam price prediction.
2. Reinforcement Learning Integration: Implementasi reinforcement learning untuk optimizing recommendation strategy berdasarkan user

feedback dan actual investment outcomes, creating a self-improving recommendation system.

3. Cross-Platform Data Integration: Penelitian tentang integrasi data dari multiple sources (CoinMarketCap, Messari, Glassnode, DeFiPulse) untuk mendapatkan comprehensive view cryptocurrency ecosystem.
4. Behavioral Finance Analysis: Studi tentang psychological factors dalam cryptocurrency investment decision-making dan bagaimana recommendation systems dapat membantu mitigate behavioral biases.
5. Regulatory Compliance Framework: Pengembangan framework untuk ensuring recommendation system compliance dengan regulasi cryptocurrency yang berkembang di berbagai yurisdiksi.

