UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengembangan Aplikasi Tokenisasi Aset Digital dan Evaluasi Penerapannya pada Docker Swarm dan K3s
Daffa Askar Fathin, Dr. Irkham Huda, S.Kom., M.Cs.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR SINGKATAN xii
INTISARI xiii
ABSTRACT xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan dan Manfaat Proyek Akhir 4
1.4 Batasan Penelitian 5
1.5 Sistematika Penulisan 6
BAB II KAJIAN PUSTAKA 8
2.1 Tinjauan Pustaka 8
2.1.1 Penelitian tentang Tokenisasi Aset dan Kustodi 8
2.1.2 Penelitian tentang Orkestrasi Kontainer 9
2.2 Dasar Teori 13
2.2.1 Investasi, Obligasi, dan Sukuk sebagai Aset Dasar 13
2.2.2 Tokenisasi Aset Digital dan Real World Asset 15
2.2.3 Blockchain dan Ethereum 16
2.2.4 Smart Contract dan Solidity 16
2.2.5 Standar Token ERC-20 17
2.2.6 Dompet Multi-signature dan Kustodi Kunci 17
2.2.7 Penandatanganan Terstruktur Off-chain 18
2.2.8 Proof of Reserve 18
2.2.9 Arsitektur Backend dan REST API 18
2.2.10 Foundry 19
2.2.11 Manajemen Kunci Jarak Jauh 19
2.2.12 Container 19
2.2.13 Docker 20
2.2.14 Orkestrasi Kontainer 20
2.2.15 Raft Consensus dan Quorum 21
2.2.16 Docker Swarm 21
2.2.17 Kubernetes 22

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengembangan Aplikasi Tokenisasi Aset Digital dan Evaluasi Penerapannya pada Docker Swarm dan K3s
Daffa Askar Fathin, Dr. Irkham Huda, S.Kom., M.Cs.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.18 K3s 23
2.2.19 Kriteria Pemilihan Orkestrator yang Dibandingkan 25
2.2.20 High Availability dan Fault Tolerance 26
2.2.21 CI/CD dan GitHub Actions 27
2.2.22 GitOps dan ArgoCD 28
2.2.23 Stack Monitoring 29
2.2.24 Uji Beban dengan k6 30
2.2.25 Definisi Metrik Evaluasi 31
2.3 Infrastruktur Pendukung 32
2.3.1 Infrastructure as Code dan Terraform 33
2.3.2 Layanan Cloud 33
2.3.3 Nginx 33
2.3.4 Sistem Operasi Node 34
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM 35
3.1 Alat dan Bahan 35
3.2 Tahapan Penelitian 37
3.2.1 Tahapan Penelitian 37
3.2.2 Metode Pengembangan Prototipe 38
3.3 Analisis Kebutuhan Sistem 40
3.3.1 Deskripsi Umum Sistem 40
3.3.2 Kebutuhan Fungsional 44
3.3.3 Kebutuhan Non-Fungsional 46
3.3.4 Alur Proses Bisnis 48
3.4 Perancangan Sistem 51
3.4.1 Arsitektur Sistem 51
3.4.2 Perancangan Smart Contract 52
3.4.3 Perancangan Backend dan API 55
3.4.4 Perancangan Basis Data 58
3.4.5 Perancangan Alur Proses 59
3.4.6 Perancangan Keamanan Aplikasi 62
3.5 Perancangan Infrastruktur dan Penerapan 65
3.5.1 Infrastruktur Baseline 65
3.5.2 Penerapan pada Docker Swarm 68
3.5.3 Penerapan pada K3s 70
3.5.4 Rancangan Baseline Keamanan 72
3.6 Metode Pengujian dan Analisis 74
3.6.1 Pengujian Fungsional Prototipe 74
3.6.2 Aspek dan Metrik Perbandingan 74
3.6.3 Skenario dan Prosedur Pengujian 75
3.6.4 Kesetaraan Kondisi Eksperimen 76
3.6.5 Metode Analisis Data 77

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengembangan Aplikasi Tokenisasi Aset Digital dan Evaluasi Penerapannya pada Docker Swarm dan K3s
Daffa Askar Fathin, Dr. Irkham Huda, S.Kom., M.Cs.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 79
4.1 Implementasi Prototipe 79
4.1.1 Implementasi Smart Contract 80
4.1.2 Implementasi Backend 81
4.1.3 Implementasi Perlindungan Data dan Jejak Operasional 84
4.1.4 Penerapan ke Jaringan Uji 85
4.2 Verifikasi Fungsional Prototipe 86
4.2.1 Pengujian Smart Contract 86
4.2.2 Verifikasi Alur Persetujuan pada Jaringan Uji 87
4.2.3 Pengujian API 89
4.2.4 Verifikasi Antarmuka Pengguna 92
4.3 Penerapan pada Kedua Orkestrator dan Hasil Evaluasi 98
4.3.1 Arsitektur Penerapan dan Service Discovery 99
4.3.2 High Availability dan Fault Tolerance 101
4.3.2.1 Skenario dan Metode Pengujian 102
4.3.2.2 Analisis Pemulihan Mandiri 103
4.3.2.3 Analisis Pembaruan Bertahap 104
4.3.3 Integrasi CI/CD 104
4.3.4 Utilisasi Resource 107
4.3.5 Kapasitas Throughput dan Analisis Bottleneck 109
4.3.5.1 Cakupan Pengujian dan Metode 109
4.3.5.2 Hasil Pengukuran 110
4.3.5.3 Evolusi Bottleneck 112
4.3.6 Kompleksitas Operasional 114
4.3.7 Pengamatan Terpadu melalui Stack Monitoring 116
4.3.8 Rangkuman Perbandingan 119
4.4 Pembahasan dan Trade-off 120
BAB V PENUTUP 122
5.1 Kesimpulan 122
5.2 Saran 123
DAFTAR PUSTAKA 124
LAMPIRAN 130