

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Teknologi Blockchain.....	10
2.2.2 Konsep Dasar Blockchain	11
2.2.3 Perkembangan Riset Blockchain	13
2.2.4 Kelebihan dan Keterbatasan Blockchain.....	15
2.2.5 Jenis-Jenis Blockchain	16
2.2.6 DChain (Dikti Chain)	17
2.2.6.1 Tujuan dan Fungsi	18
2.2.6.2 Manfaat Bagi Pemangku Kepentingan	18
2.2.6.3 Fitur Utama	18
2.2.6.4 Teknologi yang Digunakan.....	20
2.2.6.5 Perjalanan Pengembangan DChain	20
2.2.6.6 Jaringan Validator.....	20
2.2.6.7 Topologi Jaringan DChain	21
2.2.7 Proof of Authority (PoA)	21
2.2.8 Proof of Stake (PoS)	23
2.2.9 Algoritma Konsensus Spesifik.....	24

2.2.9.1	Clique (Proof of Authority)	24
2.2.9.2	Gasper (Proof of Stake)	24
2.2.10	Benchmarking pada Blockchain.....	25
2.2.10.1	Framework Benchmarking Blockchain.....	25
2.2.10.2	Tantangan dalam Benchmarking Blockchain.....	25
2.2.10.3	Praktik Terbaik dalam Benchmarking Blockchain	26
2.2.11	Arsitektur Hyperledger Caliper.....	26
2.2.12	Observabilitas Sistem Terdistribusi	28
2.2.13	Virtualisasi Berbasis Kontainer.....	29
2.2.14	Metrik dan Konsep Evaluasi Performa.....	29
2.2.15	Faktor yang Mempengaruhi Performa Blockchain	30
2.2.16	Hubungan dengan Penelitian Ini	31
2.3	Analisis Perbandingan Metode	32
2.3.1	Metode Penelitian Terdahulu	32
2.3.2	Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Metode	33
2.3.3	Alasan Pemilihan Metode Eksperimen dalam Penelitian Ini	34
2.3.4	Kriteria Evaluasi Alat Benchmarking	35
2.3.5	Perbandingan Desain dan Skenario Eksperimen dengan Peneliti- an Terdahulu.....	36
2.3.6	Justifikasi Variabel dan Metrik yang Digunakan	38
BAB III	Metode Penelitian.....	44
3.1	Alat dan Bahan.....	44
3.1.1	Alat Penelitian.....	44
3.1.2	Bahan Penelitian	45
3.2	Metode yang Digunakan.....	45
3.2.1	Pendekatan Penelitian.....	45
3.2.2	Desain Eksperimen.....	45
3.2.2.1	Variabel Penelitian.....	46
3.2.3	Skenario Benchmarking	47
3.2.4	Strategi dan Justifikasi Skenario.....	48
3.2.5	Konfigurasi Testbed	49
3.2.5.1	Jaringan PoA (<i>Proof of Authority</i>)	49
3.2.5.2	Jaringan PoS (<i>Proof of Stake</i>)	49
3.2.6	Monitoring dan Pengumpulan Data	52
3.3	Implementasi Teknis Lingkungan Eksperimen	53
3.3.1	Otomasi Pembangkitan Jaringan PoA.....	53
3.3.2	Orkestrasi Multi-VPS dengan <i>Kubernetes</i>	54
3.3.3	Pembangkitan Jaringan PoS dengan <i>Kurtosis</i>	54
3.3.4	Integrasi Sistem Monitoring Terpusat.....	54

3.3.5	<i>Pipeline Benchmarking</i> Otomasi	55
3.4	Alur Penelitian	55
3.5	Etika, Masalah, dan Keterbatasan Penelitian	56
3.5.1	Etika Penelitian.....	56
3.5.2	Masalah Potensial	56
3.5.3	Keterbatasan Penelitian	56
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		58
4.1	Hasil Uji Pendahuluan dan Penentuan Parameter	58
4.1.1	Profil Kapasitas <i>Proof-of-Authority</i> (PoA)	58
4.1.2	Profil Kapasitas <i>Proof-of-Stake</i> (PoS).....	58
4.1.3	Justifikasi Akademis Penentuan Parameter	59
4.2	Implementasi Eksperimen	59
4.2.1	Lingkungan dan Skenario Pengujian	59
4.2.2	Validasi Data	60
4.3	Hasil Pengukuran	60
4.3.1	<i>Throughput</i> dan Titik Saturasi	60
4.3.2	Latensi Transaksi.....	61
4.3.3	Efisiensi Sumber Daya & Skalabilitas	63
4.3.4	Stabilitas Jaringan (<i>Soak Test</i>).....	68
4.3.5	Skenario Fungsional (<i>Lifecycle</i>)	71
4.4	Analisis dan Pembahasan.....	72
4.4.1	Analisis Performa <i>Throughput</i> dan Skalabilitas	72
4.4.2	Analisis Responsivitas dan Latensi	72
4.4.3	Analisis Efisiensi dan Stabilitas	72
4.4.4	Sintesis Visual: <i>Trade-off</i> Multidimensi	72
4.4.5	Sintesis Akhir: Relevansi untuk DChain.....	74
4.5	Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	74
BAB V Kesimpulan dan Saran.....		76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....		78
L.1	Pemetaan Topologi dan Infrastruktur	91
L.1.1	Alokasi Node	91
L.1.2	Latensi Baseline Jaringan	92
L.1.3	Penggunaan Penyimpanan Blockchain (Disk Usage)	92
L.1.4	Struktur Direktori Node.....	93
L.2	Daftar Repositori Kode Sumber dan Alias.....	94
L.3	Kode Konfigurasi Benchmark	96
L.3.1	Konfigurasi Skenario (scenarios.json)	96

L.3.2	Workload Minting (mint-certificate-workload.js)	97
L.3.3	Workload Reading (read-certificate-workload.js)	98
L.4	Spesifikasi Perangkat Keras	100
L.4.1	Control Plane (AMD EPYC - 8 vCPU, 24GB RAM)	100
L.4.2	VPS Node A & B (AMD EPYC - 6 vCPU, 12GB RAM)	100
L.4.3	VPS Node C, D, E (Intel Broadwell - 6 vCPU, 12GB RAM)	101
L.4.4	Laptop Pengembangan (AMD Ryzen 5 4600H - 12 vCPU, 16GB RAM)	101
L.5	Dokumentasi Monitoring dan Infrastruktur	103
L.5.1	Infrastruktur Cloud & Orkestrasi	103
L.5.2	Evolusi Topologi Jaringan (Ethstats)	104
L.5.2.1	Proof of Authority (PoA)	104
L.5.2.2	Proof of Stake (PoS)	105
L.5.3	Status Konektivitas Monitoring (Prometheus)	106
L.5.3.1	Proof of Authority (PoA)	106
L.5.3.2	Proof of Stake (PoS)	107
L.5.4	Visualisasi Beban Sistem (Grafana)	109