UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Distributed Tracing Out-of-Band: Korelasi Trace Implisit Berbasis eBPF untuk Mikroservis Poliglot
Alexander Adam Mukhaer, Dr. Mardhani Riasetiawan, SE Ak, M.T.; Muhammad Oriza Nurfajri, S.Kom., M.IT
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **iii**

HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iv**

DAFTAR ISI ..... **v**

DAFTAR TABEL ..... **ix**

DAFTAR GAMBAR ..... **x**

DAFTAR KODE ..... **xi**

INTISARI ..... **xii**

ABSTRACT ..... **xiii**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Batasan Masalah 5
1.4 Tujuan Penelitian 6
1.5 Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**

BAB III METODOLOGI PENELITIAN **21**
3.1 Deskripsi Umum Penelitian 21
3.2 Analisis Masalah dan Kebutuhan 22
3.2.1 Masalah Teknis Spesifik 23
3.2.2 Kebutuhan Fungsional 23
3.2.3 Kebutuhan Non-Fungsional dan Target Kuantitatif 24
3.3 Dasar Konseptual Penelitian 25
3.3.1 Anatomi *Trace* dan *Span* pada *Distributed Tracing* 25
3.3.2 *Inter-Service* dan *Intra-Service Correlation* 27

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Distributed Tracing Out-of-Band: Korelasi Trace Implisit Berbasis eBPF untuk Mikroservis Poliglot
Alexander Adam Mukhaer, Dr. Mardhani Riasetiawan, SE Ak, M.T.; Muhammad Oriza Nurfajri, S.Kom., M.IT
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.3 Komponen eBPF yang Relevan 28
3.3.4 Model *Concurrency* Modern dan Implikasinya pada *Tracing* .. 31
3.4 Data Penelitian 32
3.4.1 Lingkungan *Testbed* Mikroservis 32
3.4.2 Pola Komunikasi yang Diuji 34
3.5 Rancangan Metode 35
3.5.1 Komponen eBPF di *Kernel Space* 36
3.5.2 Komponen *Correlation Engine* di *Userspace* 39
3.5.3 Arsitektur Multi-Node 43
3.6 Rancangan Pengujian dan Analisis 44
3.6.1 Metrik Evaluasi 44
3.6.2 Skenario Pengujian 47
3.6.3 Prosedur Analisis 49

BAB IV IMPLEMENTASI 51
4.1 Lingkungan dan Struktur Implementasi 51
4.1.1 Perangkat dan *Toolchain* 52
4.1.2 Struktur *Workspace* dan Prosedur *Build* 53
4.2 Implementasi Program eBPF di *Kernel Space* 54
4.2.1 *Hook* Jaringan *fentry/fexit* 55
4.2.2 *Uprobe Runtime* Go 56
4.2.3 *Uprobe Runtime* Tokio (Rust) 58
4.2.4 eBPF *Maps* dan Manajemen *Life Cycle* 58
4.3 Implementasi *Correlation Engine* di *Userspace* 59
4.3.1 *Collector* dan Pelacakan Status Koneksi 59
4.3.2 Deteksi *Span* 60
4.3.3 *Inter-Service Matching* 63
4.3.4 Korelasi Intra-Layanan 64
4.3.5 Perangkaian *Trace* dan Ekspor Inkremental 65
4.4 Implementasi Mode Multi-*Node* 67
4.5 *Testbed* Mikroservis Poliglot 70
4.5.1 Realisasi Topologi dan Layanan 70
4.5.2 *Load Generator* dengan Komposisi Permintaan yang Ditetapkan 71
4.5.3 *Double Pipeline* dengan OpenTelemetry sebagai Acuan 72
4.5.4 *Overlay* TLS untuk Validasi Konsistensi Lintas-Protokol 72

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Distributed Tracing Out-of-Band: Korelasi Trace Implisit Berbasis eBPF untuk Mikroservis Poliglot
Alexander Adam Mukhaer, Dr. Mardhani Riasetiawan, SE Ak, M.T.; Muhammad Oriza Nurfajri, S.Kom., M.IT
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.6 Pengujian Fungsional dan Pelacakan Kesalahan 73
4.6.1 Pengujian Fungsional 74
4.6.2 Pelacakan Kesalahan selama Pengembangan 76

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 79
5.1 Rancangan Eksperimen dan Definisi Metrik 79
5.1.1 Lingkungan dan Prosedur Pengukuran 79
5.1.2 Faktor dan Parameter Eksperimen 80
5.1.3 Definisi Metrik Evaluasi 81
5.2 Akurasi Korelasi *Single-Node* 83
5.2.1 Akurasi Keseluruhan dan Presisi 84
5.2.2 Penurunan pada Beban Menengah 85
5.2.3 Saturasi pada Beban Tinggi 87
5.3 Akurasi Korelasi *Multi-Node* 87
5.4 Overhead Sumber Daya 88
5.4.1 Memori 89
5.4.2 Latensi 90
5.4.3 CPU 90
5.4.4 Distribusi Biaya pada Multi-Node 91
5.5 Batas Komunikasi Asinkron 91
5.6 Pembahasan 93
5.6.1 Efektivitas dan Cakupan Lintas-Protokol 93
5.6.2 Overhead dibandingkan Instrumentasi 94
5.6.3 Keterbatasan dan Tantangan Fundamental 95
5.6.4 Implikasi 97

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 99
6.1 Simpulan 99
6.2 Saran 100

DAFTAR PUSTAKA 100

LAMPIRAN A DATA HASIL EVALUASI 106
1.1 Akurasi Korelasi Lengkap 106
1.2 Kualitas *Edge* Graf Layanan 107
1.3 Overhead terhadap Beban 109

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Distributed Tracing Out-of-Band: Korelasi Trace Implisit Berbasis eBPF untuk Mikroservis Poliglot
Alexander Adam Mukhaer, Dr. Mardhani Riasetiawan, SE Ak, M.T.; Muhammad Oriza Nurfajri, S.Kom., M.IT
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.4 Leg Asinkron 109