

SKRIPSI

**PERANCANGAN API BERBASIS GRPC UNTUK
KOMUNIKASI ANTARLAYANAN PADA ARSITEKTUR
MICROSERVICES DI PT CYBERINDO MEGA PERSADA**



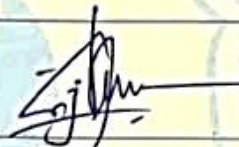
**PROGRAM STUDI SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Josephine
NIM : 1519622012
Program Studi/Fakultas : Sistem dan Teknologi Informasi / Teknik
Judul Penelitian : Perancangan API Berbasis gRPC untuk Komunikasi
Antarlayanan pada Arsitektur Microservices di PT
Cyberindo Mega Persada

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus / Tidak Lulus* * Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 23 Juni 2026

Tim Penguji,

Ketua Penguji	Fuad Mumtas, S.Kom., M.TI NIDN. 0331108801	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Irma Permata Sari, S.Pd., M.Eng NIDN. 026058904	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Wiranti Kusuma H., S.Kom., M.Cs NIDN. 0416079403	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Prasetyo Wibowo Y., S.T., M.Eng. NIDN. 0021067904	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Deni Utama, S.T., M.T.I. NIDN. 0425099402	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Koordinator Program Studi
Sistem dan Teknologi Informasi


Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204


Lipur Sugiyanta, Ph.D.
NIDN. 0029127601

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 15 Desember 2025

Yang membuat pernyataan



Josephine

No. Reg. 1519622012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia yang diberikan-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan skripsi dengan judul *Perancangan API Berbasis gRPC untuk Komunikasi Antarlayanan pada Arsitektur Microservices di PT Cyberindo Mega Persada*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi perkuliahan pada Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Dalam pengerjaan skripsi ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan, bimbingan, kerja sama, dan motivasi yang diberikan dari berbagai pihak, yaitu:

1. Bapak Lipur Sugiyanta, Ph.D. selaku kepala prodi Sistem dan Teknologi Informasi.
2. Bapak Prasetyo Wibowo Yunanto, S.T. M.Eng., Bapak Deni Utama, S.T., M.T.I., dan Alm. Bapak Ali Idrus, M.Kom selaku dosen pembimbing skripsi.
3. Bapak Fuad Mumtas, S.Kom., M.T.I., Bapak Muhammad Ridho Kurniawan Pratama, S.Kom., M.T.I., Ibu Irma Permatasari, S.Pd., M.Eng., dan Ibu Wiranti Kusuma Hapsari, M.Cs. selaku dosen penguji skripsi.
4. Orang tua, untuk segala dukungan dan doa yang menyertai.
5. Teman-teman yang telah membantu dan memberi semangat selama pengerjaan skripsi ini.

Jakarta, 15 Desember 2025



Josephine



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Josephine
NIM : 1519622012
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik / Sistem dan Teknologi Informasi
Alamat email : josephine_1519622012@mhs.unj.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (...)

yang berjudul :

Perancangan API Berbasis gRPC untuk Komunikasi Antarlayanan pada Arsitektur

Microservices di PT Cyberindo Mega Persada

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 27 Juli 2026

Penulis

(Josephine)

PERANCANGAN API BERBASIS GRPC UNTUK KOMUNIKASI ANTARLAYANAN PADA ARSITEKTUR MICROSERVICES DI PT CYBERINDO MEGA PERSADA

Josephine

Dosen Pembimbing: Prasetyo Wibowo Yunanto, S.T. M.Eng. &

Deni Utama, S.T., M.T.I.

ABSTRAK

Arsitektur *microservices* memungkinkan pengembangan sistem yang lebih fleksibel dan skalabel, namun komunikasi antar layanan menjadi faktor penting yang mempengaruhi performa sistem secara keseluruhan. REST API masih menjadi standar umum dalam komunikasi antarlayanan, termasuk yang digunakan oleh PT Cyberindo Mega Persada, sementara gRPC berkembang sebagai alternatif yang lebih modern. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi performa secara empiris untuk memahami karakteristik kedua protokol tersebut. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa komunikasi antarlayanan menggunakan REST API dan gRPC pada arsitektur *microservices*. Metode yang digunakan adalah pendekatan *quantitative true-experimental*, di mana layanan API diimplementasikan dalam lingkungan *container* berbasis Docker dan diuji menggunakan tool k6 dengan skenario beban yang merepresentasikan pola trafik aktual sistem. Parameter yang diamati meliputi latensi, persentil latensi p50/p90/p95, waktu respons, *throughput*, penggunaan CPU dan memori, *success rate*, serta efisiensi *payload*. Analisis statistik menggunakan uji Mann-Whitney U dilakukan untuk menilai signifikansi perbedaan performa antar protokol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi API gRPC berbasis *contract-first* dengan Protocol Buffers berhasil merepresentasikan 14 *endpoint* REST secara fungsional setara. Uji Mann-Whitney U menunjukkan perbedaan performa signifikan pada 84 dari 231 skenario pengujian (36,4%). Secara umum, gRPC cenderung lebih unggul pada performa transmisi di *endpoint* dengan hop sedang–tinggi dan *payload* besar. Pada penggunaan memori, REST lebih unggul di *endpoint* hop rendah, namun pada *endpoint* dengan hop menengah–tinggi, frekuensi tinggi, dan *payload* besar, gRPC justru lebih efisien. Keunggulan relatif kedua protokol pada resource bergantung pada kombinasi jumlah hop, frekuensi request, dan ukuran *payload*. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan protokol komunikasi pada arsitektur *microservices* perlu disesuaikan dengan karakteristik komunikasi antarlayanan.

Kata Kunci: gRPC, k6, *microservices*, REST API, *service-to-service*

**DESIGNING gRPC-BASED API FOR INTER-SERVICE
COMMUNICATION IN MICROSERVICES ARCHITECTURE AT
PT CYBERINDO MEGA PERSADA**

Josephine

Dosen Pembimbing: Prasetyo Wibowo Yunanto, S.T. M.Eng. &

Deni Utama, S.T., M.T.I.

ABSTRACT

Microservices architecture enables more flexible and scalable system development, yet inter-service communication remains a critical factor affecting overall system performance. REST API is still the common standard for inter-service communication, including those used by PT Cyberindo Mega Persada, while gRPC has emerged as a more modern alternative. Therefore, an empirical performance evaluation is required to understand the characteristics of both protocols. This study aims to compare the inter-service communication performance of REST API and gRPC within a microservices architecture. The method employed is a quantitative true-experimental approach, where API services are implemented in a Docker-based container environment and tested using the k6 tool with load scenarios representing actual system traffic patterns. Observed parameters include latency, latency percentiles (p50/p90/p95), response time, throughput, CPU and memory usage, success rate, and payload efficiency. Statistical analysis using the Mann-Whitney U test was conducted to assess the significance of performance differences between protocols. The results show that the contract-first gRPC API implementation using Protocol Buffers successfully represented 14 REST endpoints with equivalent functionality. The Mann-Whitney U test identified significant performance differences in 84 out of 231 testing scenarios (36.4%). In contrast, REST showed better memory usage on low-hop endpoints (1–2 hops). At higher hop counts, memory usage advantages became inconsistent and dependent on request frequency and payload size. Endpoints with high frequency and large payloads tended to favor gRPC, while those with low frequency continued to favor REST. These findings indicate that communication protocol selection in microservices architecture should consider inter-service communication characteristics.

Keywords: gRPC, k6, microservices, REST API, service-to-service

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Pembatasan Masalah.....	6
1.4. Rumusan Masalah	7
1.5. Tujuan Penelitian	8
1.6. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Kerangka Teoritik	9
2.1.1. PT Cyberindo Mega Persada	9
2.1.2. <i>Application Programming Interface (API)</i>	9
2.1.3. <i>Microservices</i>	12
2.1.4. REST API	15
2.1.5. gRPC.....	19
2.1.6. Metrik Pengujian Performa.....	28
2.1.7. <i>Multistage Sampling</i>	32
2.1.8. Median Split.....	33
2.1.9. Little's Law	34
2.1.10. Akurasi dan Presisi dalam Pengukuran	35
2.1.11. Mann-Whitney U	37
2.2. Penelitian Relevan	40
2.3. Kerangka Berpikir	52

BAB III METODE PENELITIAN.....	55
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	55
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	55
3.2.1. Alat	55
3.2.2. Bahan	60
3.3. Diagram Alir Penelitian	60
3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data.....	65
3.5. Teknik Analisis Data.....	72
BAB IV HASIL PENELITIAN	77
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian	77
4.1.1. Ruang Lingkup Eksperimen	77
4.1.2. Rancangan Eksperimen	77
4.1.3. Arsitektur Sistem yang Diamati.....	78
4.1.4. Perancangan API gRPC	80
4.1.5. Implementasi Layanan REST dan gRPC.....	83
4.1.6. Perancangan Lingkungan Uji	84
4.1.7. Skenario dan Konfigurasi Pengujian	86
4.1.8. Pelaksanaan Pengujian.....	88
4.2. Analisis Data Penelitian	99
4.2.1. Analisis Mann-Whitney U	99
4.2.2. Analisis Deskriptif Kuantitatif.....	110
4.2.3. Analisis Benchmark.....	134
4.3. Pembahasan	143
4.3.1. Analisis Perbedaan Performa Signifikan Secara Statistik	143
4.3.2. Analisis Perbedaan Performa Tidak Signifikan Secara Statistik	157
4.3.3. Perbandingan Keunggulan REST dan gRPC.....	164
4.3.4. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	171
4.4. Aplikasi Hasil Penelitian	178
BAB V KESIMPULAN	180
5.1. Kesimpulan.....	180
5.2. Saran	180
DAFTAR PUSTAKA	182
LAMPIRAN.....	187
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	258

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Hasil Analisis Waktu Respons.....	2
Tabel 2. 1. Kode Status HTTP	17
Tabel 2. 2. Kode Status gRPC	21
Tabel 2. 3. <i>Wire Type</i> dan Tipe Field yang Sesuai.....	24
Tabel 2. 4. Kontribusi Penelitian Relevan.....	46
Tabel 3. 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	55
Tabel 3. 2. Spesifikasi Perangkat Keras dalam Penelitian Ini.....	56
Tabel 3. 3. Spesifikasi Perangkat Lunak dalam Penelitian Ini	57
Tabel 3. 4. Spesifikasi <i>Container</i> Layanan API dalam Penelitian Ini	60
Tabel 3. 5. Variabel Penelitian.....	65
Tabel 3. 6. Kriteria Sampling	66
Tabel 3. 7. Threshold <i>Sampling Endpoint</i>	67
Tabel 3. 8. Daftar Sample Endpoint	68
Tabel 3. 9. Jumlah Virtual Users Pada Setiap Endpoint.....	69
Tabel 3. 10. Variasi Ukuran Payload	71
Tabel 3. 11. Template Penyajian Hasil Pengujian Performa Transmisi	72
Tabel 3. 12. Template Penyajian Hasil Pengujian <i>Resource</i> & Keandalan	72
Tabel 3. 13. Template Penyajian Hasil Pengujian Metrik Efisiensi Payload	72
Tabel 3. 14. Tabel <i>Benchmark</i> Empiris	74
Tabel 4. 1. Tahap <i>Experiment Scoping</i> pada Penelitian Ini	77
Tabel 4. 2. Metrik yang Diamati	77
Tabel 4. 3. Tahap <i>Experiment Planning</i> pada Penelitian Ini	78
Tabel 4. 4. Endpoint yang Diuji dan Jumlah Hop Komunikasi Antarlayanan	79
Tabel 4. 5. Pemetaan <i>Endpoint</i> REST ke <i>Method</i> gRPC	80
Tabel 4. 6. Dependensi Modul Protocol Buffers dan gRPC.....	82
Tabel 4. 7. Skenario dan Parameter Pengujian.....	87
Tabel 4. 8. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada Endpoint <i>/ujian/view</i>	89
Tabel 4. 9. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> <i>/ujian/view</i>	89
Tabel 4. 10. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> <i>/peserta/search</i>	90

Tabel 4. 11. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /peserta/search.....	90
Tabel 4. 12. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /newinvoice/submit-riwayat-hidup	90
Tabel 4. 13. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /newinvoice/submit-riwayat-hidup	90
Tabel 4. 14. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /peserta/insert	91
Tabel 4. 15. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /peserta/insert	91
Tabel 4. 16. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /peserta/profilpeserta.....	91
Tabel 4. 17. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /peserta/profilpeserta.....	92
Tabel 4. 18. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /ujian/listpeserta	92
Tabel 4. 19. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /ujian/listpeserta.....	92
Tabel 4. 20. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /perusahaan/ao	92
Tabel 4. 21. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /perusahaan/ao	93
Tabel 4. 22. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /proforma/insertproforma.....	93
Tabel 4. 23. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /proforma/insertproforma.....	93
Tabel 4. 24. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /invoice/resync	94
Tabel 4. 25. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /invoice/resync	94
Tabel 4. 26. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /ujian/insert .	94

Tabel 4. 27. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /ujian/insert	94
Tabel 4. 28. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /newinvoice/change-peserta-invoice.....	95
Tabel 4. 29. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /newinvoice/change-peserta-invoice.....	95
Tabel 4. 30. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /proforma/show	95
Tabel 4. 31. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /proforma/show	96
Tabel 4. 32. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /dashboard/partisipan	96
Tabel 4. 33. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /dashboard/partisipan	96
Tabel 4. 34. Hasil Pengamatan Performa Transmisi pada <i>Endpoint</i> /lokasi/delete	96
Tabel 4. 35. Hasil Pengamatan <i>Resource</i> & Keandalan pada <i>Endpoint</i> /lokasi/delete	97
Tabel 4. 36. Hasil Pengujian Metrik Efisiensi <i>Payload</i>	97
Tabel 4. 37. Ringkasan <i>Endpoint</i> dengan Perbedaan Keunggulan Performa Signifikan antara REST dan gRPC	102
Tabel 4. 38. Ringkasan <i>Endpoint</i> dengan Perbedaan Performa Tidak Signifikan antara REST dan gRPC.....	108
Tabel 4. 39. Ringkasan Keunggulan Protokol pada Metrik Waktu Respons dan Latensi Rata-rata Per <i>Endpoint</i>	112
Tabel 4. 40. Ringkasan Keunggulan Protokol pada Metrik Latensi Persentil Per <i>Endpoint</i>	113
Tabel 4. 41. Ringkasan Keunggulan Protokol pada Metrik Throughput Per <i>Endpoint</i>	115
Tabel 4. 42. Ringkasan Keunggulan Protokol pada Metrik Penggunaan CPU dan Memori Per <i>Endpoint</i>	122
Tabel 4. 43. Perbedaan Ukuran <i>Payload</i> Komunikasi Layanan	133
Tabel 4. 44. Hasil Analisis Benchmark	135

Tabel 4. 45. Karakteristik Endpoint dan Keunggulan Protokol pada Hasil Pengujian dengan Perbedaan Performa Signifikan.....	144
Tabel 4. 46. Karakteristik Endpoint dan Keunggulan Protokol pada Hasil Pengujian dengan Perbedaan Performa Tidak Signifikan.....	158
Tabel 4. 47. Hubungan Kombinasi Payload dan Jumlah Hop terhadap Kecenderungan Keunggulan gRPC	166
Tabel 4. 48. Rangkuman Perbandingan Hasil Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu	171
Tabel 4. 49. Panduan Pemilihan Protokol Komunikasi pada Arsitektur <i>Microservices</i>	179



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Distribusi Trafik Permintaan pada Sistem <i>Microservices</i> yang Dikelola PT Cyberindo Mega Persada	3
Gambar 1. 2. Perbandingan <i>Throughput</i> dan Penggunaan CPU antara REST dan gRPC.....	5
Gambar 1. 3. Perbandingan Waktu Respons dan Ukuran Respons antara REST dan gRPC.....	5
Gambar 2. 1. Cara Kerja API	10
Gambar 2. 2. Struktur <i>Request</i> dalam API	10
Gambar 2. 3. Struktur <i>Response</i> dalam API.....	11
Gambar 2. 4. Cara Kerja Arsitektur <i>Microservices</i>	13
Gambar 2. 5. Pola Komunikasi Arsitektur <i>Microservices</i>	14
Gambar 2. 6. Cara Kerja REST API	16
Gambar 2. 7. Cara Kerja gRPC.....	20
Gambar 2. 8. Struktur Utama Pesan gRPC	23
Gambar 2. 9. Struktur Internal <i>Payload</i> Protobuf.....	25
Gambar 2. 10. Pola Komunikasi dalam gRPC.....	26
Gambar 2. 11. Kerangka Berpikir (1)	53
Gambar 2. 12. Kerangka Berpikir (2)	54
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian.....	61
Gambar 4. 1 Definisi Layanan gRPC dalam File <i>.proto</i>	81
Gambar 4. 2. Perbandingan Struktur Data JSON pada REST (kiri) dan Protobuf pada gRPC (kanan).....	81
Gambar 4. 3. Validasi <i>Response</i> REST	83
Gambar 4. 4. Validasi <i>Response</i> gRPC	84
Gambar 4. 5. Spesifikasi Salah Satu <i>Container</i> di Server Produksi	84
Gambar 4. 6. Konfigurasi Host pada <i>.wslconfig</i>	85
Gambar 4. 7. Arsitektur Implementasi Layanan di Lingkungan Lokal.....	85
Gambar 4. 8. Hasil Pengujian Fungsional <i>Endpoint</i> REST Setelah <i>Build Container</i> di Docker	86

Gambar 4. 9. Hasil Pengujian Fungsional <i>Endpoint</i> gRPC Setelah <i>Build Container</i> di Docker	86
Gambar 4. 10. Alur Eksekusi Skenario Pengujian k6	88
Gambar 4. 11. Alur Eksekusi Skenario Pengujian Wireshark.....	88
Gambar 4. 12. Hasil Uji Normalitas.....	99
Gambar 4. 13. Hasil Uji Kesesuaian Distribusi	100
Gambar 4. 14. Hasil Uji Mann-Whitney U	101
Gambar 4. 15. Proporsi Keunggulan Protokol REST dan gRPC pada Pengujian dengan Perbedaan Signifikan	101
Gambar 4. 16. Perbandingan Jumlah Skenario Pengujian dengan Perbedaan Signifikan Berdasarkan Metrik.....	103
Gambar 4. 17. Perbandingan Waktu Respons REST dan gRPC pada <i>Endpoint</i> dengan Perbedaan Signifikan pada Seluruh Skenario Trafik	104
Gambar 4. 18. Perbandingan Waktu Respons REST dan gRPC pada <i>Endpoint</i> dengan Perbedaan Signifikan hanya pada Skenario Trafik Tertentu	105
Gambar 4. 19. Perbandingan Penggunaan CPU Antara REST dan gRPC pada <i>Endpoint</i> dengan Perbedaan Signifikan.....	106
Gambar 4. 20. Perbandingan Penggunaan Memori Antara REST dan gRPC pada <i>Endpoint</i> dengan Perbedaan Signifikan.....	107
Gambar 4. 21. Proporsi Pengujian Signifikan dan Tidak Signifikan Berdasarkan Jumlah Hop.....	110
Gambar 4. 22. Hasil Pengukuran <i>Coefficient of Variation</i>	111
Gambar 4. 23. Percentage Change (%) Terbesar pada Metrik <i>Throughput</i> antara Protokol REST dan gRPC untuk <i>Endpoint</i>	115
Gambar 4. 24. <i>Percentage Change</i> (%) Metrik Waktu Respons pada <i>Endpoint</i> dengan Keunggulan yang Konsisten di Seluruh Skenario	116
Gambar 4. 25. <i>Percentage Change</i> (%) Metrik Waktu Respons pada <i>Endpoint</i> dengan Keunggulan yang Konsisten Berubah Antar Skenario.....	118
Gambar 4. 26. <i>Percentage Change</i> (%) Metrik Waktu Respons pada <i>Endpoint</i> yang Menunjukkan Kecenderungan Keunggulan pada gRPC	119

Gambar 4. 27. <i>Percentage Change (%)</i> Metrik Latensi Rata-rata pada <i>Endpoint</i> yang Menunjukkan Kecenderungan Keunggulan pada gRPC	119
Gambar 4. 28. Distribusi Pola Keunggulan Protokol Pada 14 <i>Endpoint</i> Berdasarkan Hasil Analisis Metrik Transmisi Data.....	120
Gambar 4. 29. Hasil Analisis <i>Percentage Change</i> Metrik Penggunaan CPU dengan Keunggulan Konsisten pada gRPC	123
Gambar 4. 30. Hasil Analisis <i>Percentage Change</i> Metrik Penggunaan Memori dengan Keunggulan Konsisten pada REST.....	124
Gambar 4. 31. Hasil Analisis <i>Percentage Change (%)</i> Metrik Penggunaan CPU dengan Keunggulan Konsisten pada gRPC	125
Gambar 4. 32. Hasil Analisis <i>Percentage Change (%)</i> Metrik Penggunaan Memori dengan Keunggulan Konsisten pada gRPC	125
Gambar 4. 33. Hasil Analisis <i>Percentage Change (%)</i> pada Metrik Penggunaan CPU dengan Keunggulan Bervariasi antar Protokol REST dan gRPC.....	126
Gambar 4. 34. Hasil Analisis <i>Percentage Change (%)</i> pada Metrik Penggunaan Memori dengan Keunggulan Bervariasi antar Protokol REST dan gRPC.....	127
Gambar 4. 35. Perbandingan Hasil Analisis Mann-Whitney U (Kiri) dan Analisis Deskriptif Kuantitatif (Kanan) Metrik Penggunaan Memori pada <i>Endpoint /peserta/insert</i> dan <i>/newinvoice/submit-riwayat-hidup</i>	128
Gambar 4. 36. Hasil Analisis <i>Percentage Change (%)</i> pada Metrik Penggunaan CPU dengan Keunggulan Tertinggi REST dan gRPC.....	129
Gambar 4. 37. Hasil Analisis <i>Percentage Change (%)</i> pada Metrik Penggunaan Memori dengan Keunggulan Tertinggi REST dan gRPC	130
Gambar 4. 38. Distribusi Keunggulan Protokol Berdasarkan Hasil Analisis Deskriptif Kuantitatif pada Seluruh Metrik Pengujian.....	131
Gambar 4. 39. Distribusi Keunggulan Penggunaan CPU Berdasarkan Jumlah Hop	131
Gambar 4. 40. Distribusi Keunggulan Penggunaan Memori Berdasarkan Jumlah Hop	132

Gambar 4. 41. Distribusi Keunggulan Protokol Berdasarkan Hasil Analisis Deskriptif Kuantitatif Secara Keseluruhan.....	133
Gambar 4. 42. Analisis Benchmark Metrik Latensi untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu	136
Gambar 4. 43. Analisis Benchmark Metrik Latensi Persentil untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu	137
Gambar 4. 44. Analisis Benchmark Metrik Waktu Respons untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu	138
Gambar 4. 45. Analisis Benchmark Metrik <i>Throughput</i> untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu	139
Gambar 4. 46. Analisis Benchmark Metrik <i>Success Rate</i> untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu	140
Gambar 4. 47. Analisis Benchmark Metrik Penggunaan CPU untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu.....	140
Gambar 4. 48. Analisis Benchmark Metrik Penggunaan Memori untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu.....	141
Gambar 4. 49. Analisis Benchmark Metrik Efisiensi <i>Payload</i> untuk Protokol REST dan gRPC di Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu.....	142
Gambar 4. 50. Distribusi Hasil Analisis Benchmark Secara Keseluruhan	142
Gambar 4. 51. Komunikasi Antarlayanan pada <i>Endpoint /invoice/resync</i> dan <i>/newinvoice/change-pesertainvoice</i>	146
Gambar 4. 52. Perbandingan Persentil Latensi Protokol REST dan gRPC pada <i>Endpoint /invoice/resync</i>	147
Gambar 4. 53. Perbandingan Proses Serialisasi Payload pada REST dan gRPC	148
Gambar 4. 54. Komunikasi Antarlayanan pada <i>Endpoint /newinvoice/submit-riwayat-hidup</i> dan <i>/proforma/insertproforma</i>	148
Gambar 4. 55. Komunikasi Antarlayanan pada <i>Endpoint /ujian/insert</i>	149
Gambar 4. 56. Akumulasi Latensi pada Arsitektur <i>Microservices</i>	150
Gambar 4. 57. Komunikasi Antarlayanan pada Endpoint <i>/ujian/listpeserta</i> dan <i>/ujian/view</i>	151
Gambar 4. 58. Perbandingan Akumulasi Keunggulan Protokol pada Komunikasi 1 Hop dan Lebih dari 1 Hop	151

Gambar 4. 59. Komunikasi Antarlayanan pada <i>Endpoint /peserta/insert</i>	152
Gambar 4. 60. Perbandingan Payload Komunikasi Antarlayanan pada Endpoint / <i>ujian/insert</i> dan <i>/peserta/insert</i>	153
Gambar 4. 61. Perbandingan Konsep Pemrosesan di CPU antara REST dan gRPC	154
Gambar 4. 62. Perbandingan Konsep Pemrosesan di Memori antara REST dan gRPC.....	155
Gambar 4. 63. Perbandingan Antara Karakteristik Endpoint yang Menunjukkan Keunggulan gRPC dengan REST.....	156
Gambar 4. 64. Komunikasi Antarlayanan pada <i>Endpoint /dashboard/partisipan</i> , / <i>perusahaan/ao</i> , <i>/peserta/search</i> , dan <i>/peserta/profilpeserta</i>	160
Gambar 4. 65. Komunikasi Antarlayanan pada <i>Endpoint /ujian/view</i> , / <i>ujian/listpeserta</i> , <i>/proforma/show</i> , dan <i>/proforma/insertproforma</i>	161
Gambar 4. 66. Pengaruh Variasi Alami dalam Sistem Terdistribusi Terhadap Hasil Performa yang Tidak Signifikan.....	162
Gambar 4. 67. Karakteristik Endpoint yang Menunjukkan Perbedaan Performa Tidak Signifikan	163
Gambar 4. 68. Karakteristik Endpoint dengan Keunggulan gRPC yang Cenderung Unggul	165
Gambar 4. 69. Karakteristik <i>/peserta/insert</i> yang Menunjukkan Keunggulan REST	167
Gambar 4. 70. Faktor yang Memengaruhi Keunggulan Penggunaan Memori pada Protokol REST.....	168
Gambar 4. 71. Interpretasi Nilai Keunggulan gRPC pada Metrik CPU.....	169
Gambar 4. 72. Rekomendasi Pemilihan REST dan gRPC Berdasarkan Karakteristik <i>Endpoint</i>	170
Gambar 4. 73. Analisis Latensi dan Persentil Latensi pada Penelitian Ini.....	172
Gambar 4. 74. Perbandingan Hasil Penelitian untuk Metrik <i>Resource</i> antara Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Ini	173
Gambar 4. 75. Perbandingan Hasil Analisis Uji Beda antara Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian Ini	174

Gambar 4. 76. Perbedaan Implementasi Hop Antara Penelitian Ini dan Penelitian Terdahulu	175
Gambar 4. 77. Pengaruh Penambahan Konsep Hop Komunikasi Antar Layanan pada Penelitian ini	175
Gambar 4. 78. Rangkuman Faktor yang Memengaruhi Performa REST dan gRPC dalam Arsitektur Microservices.....	177



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Python untuk Mengolah Data <i>Access Log</i>	187
Lampiran 2. Volume Request dan Jumlah Hop Endpoint	190
Lampiran 3. Hasil Analisis Waktu Respons <i>Endpoint</i> Kritikal.....	192
Lampiran 4. Perhitungan Estimasi Kerugian Akibat Penurunan <i>Availability</i> Sistem	193
Lampiran 5. Skrip Python untuk Menghitung Virtual Users	194
Lampiran 6. Skrip Pengujian Mann-Whitney U	196
Lampiran 7. Hasil Analisis Mann-Whitney U dan Analisis Rata-rata	198
Lampiran 8. Tabel Distribusi Z untuk Analisis Mann-Whitney U	211
Lampiran 9. Detail Hop pada Endpoint	213
Lampiran 10. Detail Karakteristik Payload.....	216
Lampiran 11. Hasil Pilot Testing dengan 3 Kali Pengulangan Pengujian.....	234
Lampiran 11. Surat Tugas Dosen Pembimbing Skripsi	251
Lampiran 12. Lembar Konsultasi Skripsi	252
Lampiran 13. Surat Permohonan Izin Mengadakan Penelitian untuk Penulisan Skripsi.....	256
Lampiran 14. Hasil Pengecekan Plagiarisme menggunakan Turnitin	257