

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 <i>Road Condition Monitoring Using On-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor</i>	6
2.1.2 <i>Smart Road Quality Monitoring System Based on Measurement of Vehicle Vibrations</i>	7
2.1.3 <i>Design and Implementation of a Vibration-Based Real-Time Internet of Things Framework for Road Condition Monitoring</i>	9
2.1.4 <i>IMU Sensor Data Collection System for Road Defect Detection</i> ...	10
2.1.5 Perancangan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Kerusakan Jalan Menggunakan E-Partisipasi dengan Metode <i>Simple Additive Weighting (SAW)</i>	11
2.1.6 <i>A Real-Time Application for Road Conditions Detection based on the Internet of Things</i>	13
2.1.7 <i>SmartRoadSense: Collaborative Road Surface Condition Monitoring</i>	15
2.2 Dasar Teori	18
2.2.1 <i>Arsitektur Internet of Things</i>	20
2.2.2 <i>Inertial Measurement Unit</i>	21

2.2.3	GPS	22
2.2.4	<i>Power Spectral Density</i>	23
2.2.5	<i>International Roughness Index</i>	25
2.2.6	Arsitektur Monolitik	26
2.2.7	Komunikasi Sinkronus dan Asinkronus.....	27
2.2.8	MQTT	27
2.2.9	WebSocket.....	29
2.2.10	REST API	30
2.2.11	Bahasa Pemrograman C#	30
2.2.12	.Net Framework	31
2.2.13	Database	32
2.2.14	Software Development Life Cycle	36
2.2.15	JMeter	36
2.2.16	<i>Response Time</i>	37
2.2.17	<i>Throughput</i>	37
2.2.18	<i>Error Rate</i>	37
2.2.19	Event-Driven Integration	38
2.2.20	Middleware Integration	38
2.2.21	Black Box Testing.....	39
2.3	Analisis Perbandingan Metode	40
2.3.1	Metode Komunikasi.....	40
2.3.2	Arsitektur Software	40
2.3.3	Database	41
2.3.4	Metode Integrasi	42
BAB III Metode Penelitian.....		43
3.1	Alat dan Bahan Penelitian	43
3.1.1	Alat Penelitian.....	43
3.1.2	Bahan Penelitian	43
3.2	Metode yang Digunakan.....	44
3.2.1	Metode Pengumpulan Kebutuhan Aplikasi	44
3.2.2	Metode Perancangan Aplikasi.....	47
3.2.3	Metode Implementasi/Pengembangan Aplikasi	68
3.2.4	Metode Pengujian	71
3.2.4.1	Pengujian Fungsional	71
3.2.4.2	Pengujian Nonfungsional.....	73
3.3	Alur Tugas Akhir	76
3.3.1	Observasi dan Studi Literatur	76
3.3.2	Mempelajari Metode-Metode Pengembangan Backend	77
3.3.3	Menentukan Metode Aplikasi	77

3.3.4	Pelaksanaan Penelitian	77
3.3.5	Pengujian Aplikasi	77
BAB IV Hasil dan Pembahasan		78
4.1	Hasil Pengujian Fungsional Sistem	78
4.1.1	Hasil Pengujian pada Ruas Jalan	78
4.1.2	Hasil Pengujian Backend dengan <i>Black Box Testing</i>	84
4.1.2.1	Hasil Pengujian <i>Auth Service</i>	84
4.1.2.2	Hasil Pengujian <i>Device Management Service</i>	87
4.1.2.3	Hasil Pengujian <i>Road Condition Service</i>	90
4.2	Hasil Pengujian Performa <i>Backend</i> dengan JMeter	94
4.2.1	Hasil Pengujian Performa <i>Auth Service</i>	94
4.2.2	Hasil Pengujian Performa <i>Device Management Service</i>	98
4.2.3	Hasil Pengujian Performa <i>Road Condition Service</i>	102
BAB V Kesimpulan dan Saran		110
5.1	Kesimpulan	110
5.2	Saran	111
DAFTAR PUSTAKA		112

Tabel 2.1	Rangkuman Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	17
Tabel 2.2	Kondisi Jalan dengan Nilai <i>International Roughness Index</i> (IRI) [1].	20
Tabel 2.3	Tabel perbandingan Metode Komunikasi Sinkronus dan Asinkronus.	40
Tabel 2.4	Tabel perbandingan Arsitektur Monolitik dan SOA (Service-Oriented Architecture).	40
Tabel 2.5	Tabel perbandingan Database SQL dan NoSQL.	41
Tabel 2.6	Tabel perbandingan Metode Integrasi API, Middleware, dan Event-Driven.	42
Tabel 3.1	Tabel deskripsi entitas dan atribut dari ERD aplikasi.	63
Tabel 3.2	Tabel daftar akses <i>default</i> aplikasi.	64
Tabel 3.3	Tabel daftar <i>endpoint</i> dari API yang disediakan <i>backend</i>	70
Tabel 3.4	Spesifikasi lingkungan pengujian.	73
Tabel 4.1	Hasil pengujian auth service.	84
Tabel 4.2	Hasil pengujian device management service.	87
Tabel 4.3	Hasil pengujian road condition service.	90
Tabel 4.4	Hasil pengujian <i>response time auth service</i> dalam <i>milisecond</i> (ms) dengan <i>load</i> rendah.	94
Tabel 4.5	Hasil pengujian <i>response time auth service</i> dalam <i>milisecond</i> (ms) dengan <i>load</i> tinggi.	95
Tabel 4.6	Hasil pengujian <i>throughput</i> dan <i>error rate auth service</i> dengan <i>load</i> rendah.	97
Tabel 4.7	Hasil pengujian <i>throughput</i> dan <i>error rate auth service</i> dengan <i>load</i> tinggi.	97
Tabel 4.8	Hasil pengujian <i>response time</i> pada <i>device management service</i> dalam <i>milisecond</i> (ms) dengan <i>load</i> rendah.	98
Tabel 4.9	Hasil pengujian <i>response time</i> pada <i>device management service</i> dalam <i>milisecond</i> (ms) dengan <i>load</i> tinggi.....	99
Tabel 4.10	Hasil pengujian <i>throughput</i> dan <i>error rate</i> dari <i>device management service</i> dengan <i>load</i> rendah.	101
Tabel 4.11	Hasil pengujian <i>throughput</i> dan <i>error rate</i> dari <i>device management service</i> dengan <i>load</i> tinggi.	101
Tabel 4.12	Hasil pengujian <i>response time road condition service</i> dalam <i>milisecond</i> (ms) dengan <i>load</i> rendah.....	102
Tabel 4.13	Hasil pengujian <i>response time road condition service</i> dalam <i>milisecond</i> (ms) dengan <i>load</i> tinggi.....	103
Tabel 4.14	Hasil pengujian <i>throughput</i> dan <i>error rate road condition service</i> pada <i>load</i> rendah.....	105
Tabel 4.15	Hasil pengujian <i>throughput</i> dan <i>error rate road condition service</i> pada <i>load</i> tinggi.....	106
Tabel 4.16	Hasil pengujian <i>response time road condition service</i> untuk komunikasi perangkat ke <i>backend</i> dengan MQTT pada <i>load</i> rendah dalam <i>milisecond</i> (ms).	107



Tabel 4.17	Hasil pengujian <i>response time road condition service</i> untuk komunikasi perangkat ke <i>backend</i> dengan MQTT pada <i>load</i> tinggi dalam <i>milisecond</i> (ms).	107
Tabel 4.18	Hasil pengujian throughput dan error rate road condition service untuk komunikasi perangkat ke <i>backend</i> dengan MQTT pada <i>load</i> rendah dalam <i>milisecond</i> (ms).	109
Tabel 4.19	Hasil pengujian throughput dan error rate road condition service untuk komunikasi perangkat ke <i>backend</i> dengan MQTT pada <i>load</i> tinggi dalam <i>milisecond</i> (ms).	109

Gambar 2.1	Arsitektur Sistem Pemantauan Kondisi Jalan [2].	6
Gambar 2.2	Kerangka Kerja Algoritma Tingkat Kekasaran Permukaan Jalan [2].	6
Gambar 2.3	Hasil Pengukuran Akselerasi Tiga Sumbu [2].	7
Gambar 2.4	Arsitektur <i>Smart Road Quality Monitoring System</i> (SRQMS) [3].	8
Gambar 2.5	Klasifikasi Kualitas Jalan Berdasarkan Akselerasi Vertikal [3].	8
Gambar 2.6	Data Pengukuran Akselerasi Vertikal pada Kendaraan [3].	8
Gambar 2.7	Blok Diagram <i>Node</i> IoT [4].	9
Gambar 2.8	Arsitektur <i>Server</i> Pemantauan [4].	10
Gambar 2.9	Format Paket Data yang Dikirim dari <i>Node</i> IoT ke <i>Server</i> Pemantauan [4].	10
Gambar 2.10	Arsitektur Sistem Pemrosesan Data dari Sensor IMU [5].	10
Gambar 2.11	Grafik Hasil Deteksi Kerusakan Jalan [5].	11
Gambar 2.12	<i>Class Diagram</i> Sistem Informasi Geografis Kerusakan Jalan [6].	12
Gambar 2.13	Arsitektur Sistem Deteksi Kondisi Jalan [7].	13
Gambar 2.14	<i>Client Flowchart</i> Sistem Deteksi Kondisi Jalan [7].	14
Gambar 2.15	Arsitektur SmartRoadSense [8].	15
Gambar 2.16	Data Akselerasi yang Diukur Saat Kecepatan 40 km/h [8].	16
Gambar 2.17	Visualisasi Indeks Kekasaran Jalan [8].	16
Gambar 2.18	Konsep umum sistem.	18
Gambar 2.19	Konsep <i>backend</i>	19
Gambar 2.20	Lapisan Arsitektur Internet of Things [9].	20
Gambar 2.21	Inertial Measurement Unit [10].	21
Gambar 2.22	Ilustrasi sinyal dengan frekuensi 50 Hz pada <i>time domain</i> dan representasinya pada <i>frequency domain</i>	23
Gambar 3.1	<i>Use case diagram auth service</i>	47
Gambar 3.2	<i>Use case diagram device management service</i>	48
Gambar 3.3	<i>Use case diagram road condition service</i>	49
Gambar 3.4	<i>Activity diagram login</i>	50
Gambar 3.5	<i>Activity diagram mendaftarkan user</i>	51
Gambar 3.6	<i>Activity diagram mengelola user dan permission user</i>	52
Gambar 3.7	<i>Activity diagram logout</i>	53
Gambar 3.8	<i>Activity diagram menghapus user</i>	54
Gambar 3.9	<i>Activity diagram melihat daftar perangkat</i>	55
Gambar 3.10	<i>Activity diagram mendaftarkan perangkat</i>	56
Gambar 3.11	<i>Activity diagram mengubah data perangkat</i>	57
Gambar 3.12	<i>Activity diagram menghapus perangkat</i>	58
Gambar 3.13	<i>Activity diagram mengubah data percobaan</i>	59
Gambar 3.14	<i>Activity diagram melihat data historis kondisi jalan</i>	60
Gambar 3.15	<i>Activity diagram melihat data kondisi jalan secara realtime</i>	61
Gambar 3.16	<i>Entity relationship diagram</i> aplikasi.	62
Gambar 3.17	Arsitektur IoT dari sistem pendeteksi kerusakan jalan.	66
Gambar 3.18	Arsitektur aplikasi sistem pendeteksi kerusakan jalan.	67
Gambar 3.19	Diagram proses metode <i>agile</i> [11].	68



Gambar 3.20	Kendaraan yang digunakan.	72
Gambar 3.21	Peletakkan sensor pada kendaraan.	73
Gambar 3.22	Pengaturan pada JMeter.	74
Gambar 3.23	Diagram alur tugas akhir.	76
Gambar 4.1	Sampel kondisi ruas jalan pandega.	78
Gambar 4.2	Grafik nilai IRI terhadap waktu (<i>timestamp</i>).	79
Gambar 4.3	Grafik kondisi jalan terhadap waktu (<i>timestamp</i>).	80
Gambar 4.4	Sampel kondisi ruas Jalan Ring Road Utara (Source: Google Maps).	81
Gambar 4.5	Grafik nilai IRI terhadap waktu (<i>timestamp</i>).	82
Gambar 4.6	Grafik kondisi jalan terhadap waktu (<i>timestamp</i>).	83