

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
INTISARI .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
<b>BAB I</b> Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB II</b> Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori .....	8
2.1 Tinjauan Pustaka .....	8
2.2 Dasar Teori .....	10
2.2.1 Telemetri .....	10
2.2.2 Wi-Fi .....	10
2.2.3 Teknologi Seluler .....	11
2.2.4 <i>Bandwidth</i> .....	13
2.2.5 <i>Throughput</i> .....	14
2.2.6 Latensi .....	15
2.2.7 <i>Jitter</i> .....	15
2.2.8 Reliabilitas Data .....	16
2.2.9 OSI ( <i>Open Systems Interconnection</i> ) Layer .....	17
2.2.10 Protokol jaringan .....	18
2.2.11 MQTT .....	20
2.2.11.1 Perintah MQTT .....	21
2.2.11.2 Struktur Pesan MQTT .....	22
2.2.11.3 QoS level MQTT .....	23
2.2.12 Thingsboard .....	25
2.2.13 Wireshark .....	28

2.2.14	Mikrokontroler .....	28
2.2.14.1	Arduino Nano 33 IoT .....	30
2.2.15	Ublox Neo-6M .....	30
BAB III Metode Penelitian.....		32
3.1	Alat dan Bahan Tugas akhir .....	32
3.1.1	Alat Tugas akhir.....	32
3.1.2	Bahan Tugas akhir .....	32
3.2	Metode yang Digunakan.....	34
3.3	Alur Tugas Akhir .....	36
3.4	Studi Literatur.....	36
3.5	Penentuan Tuntutan Desain .....	36
3.6	Perancangan Sistem Telemetri .....	37
3.6.1	Blok Diagram Sistem Telemetri .....	37
3.6.2	Rangkaian Skematik Sistem .....	38
3.6.3	Desain <i>Enclosure</i> Sistem .....	39
3.6.4	Skema Komunikasi Sistem Telemetri .....	40
3.6.5	Konstruksi Jenis dan Paket Pesan .....	40
3.6.6	Perhitungan <i>Bandwidth Data</i> .....	41
3.7	Perancangan Skema Pengiriman Data .....	46
3.8	Perancangan Skema Penerimaan Data dan sistem <i>Dashboard</i> .....	47
3.8.1	Integrasi Protokol dan Keamanan Data .....	48
3.8.2	Pembuatan <i>converter uplink</i> .....	48
3.8.3	Pembuatan <i>Rule Chain</i> .....	50
3.8.4	Pembuatan Tampilan <i>Dashboard</i> .....	50
3.9	Pengujian Sistem.....	51
3.9.1	Skenario 1 : Analisis Performa Pengiriman .....	52
3.9.2	Skenario 2 : Pengujian Ketahanan Lingkungan .....	52
3.9.2.1	Pembuatan Sirkuit Bayangan.....	53
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		55
4.1	Skenario 1 : Pengujian Kinerja Performa.....	55
4.1.1	Analisis Pengiriman QoS 0 : <i>Fire and Forget</i> .....	55
4.1.2	Analisis Pengiriman QoS 1 : <i>At Least Once</i> .....	60
4.1.3	Analisis Pengiriman QoS 2 : <i>Exactly Once</i> .....	63
4.2	Skenario 2 : Pengujian Ketahanan Lingkungan .....	66
BAB V Kesimpulan dan Saran.....		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....		72
LAMPIRAN .....		L-1



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Pengembangan Telemetri Bergerak Mobil Listrik SEMAR UGM Menggunakan Jaringan Selular dan Protokol MQTT**

Hafiz Fatkha Ardian, Ir. Eka Firmansyah, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. ; Dr. I Wayan Mustika, S.T., M.Eng.

Universitas Gadjah Mada, 2024 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

L.1	Source Code Pengujian 1 .....	L-1
L.2	Source Code Skenario 2 .....	L-4
L.3	Data pengujian komunikasi data QoS 0.....	L-7
L.4	Data pengujian komunikasi data QoS 0 dengan delay 150 ms .....	L-13
L.5	Data pengujian komunikasi data QoS 1.....	L-19
L.6	Data pengujian komunikasi data QoS 2.....	L-25
L.7	Data pengujian pertama Skenario 2 .....	L-30
L.8	Data pengujian kedua Skenario 2 .....	L-52

Tabel 2.1	Tipe paket perintah MQTT.....	22
Tabel 3.1	Alat Tugas Akhir .....	32
Tabel 3.2	Bahan Tugas Akhir .....	33
Tabel 3.2	Bahan Tugas Akhir (continued) .....	34
Tabel 3.3	Jenis Pesan yang digunakan .....	41
Tabel 3.4	Ukuran Pesan MQTT pada Short Message .....	42
Tabel 3.5	Ukuran Pesan MQTT pada Long Message.....	42
Tabel 3.6	Ukuran Pesan TCP .....	43
Tabel 3.7	Ukuran Pesan IPv4 .....	44
Tabel 3.8	Ukuran Pesan Ethernet .....	45
Tabel 3.9	Kebutuhan satu panjang Pesan Transmisi .....	45
Tabel 3.10	Kebutuhan <i>bandwidth</i> Pesan Transmisi .....	46
Tabel 4.1	Spesifikasi Komunikasi Skenario 1 .....	55
Tabel 4.2	Performa Latensi dan <i>Jitter</i> pengujian QoS 0 dengan <i>150ms delay</i> ..	59
Tabel 4.3	Performa Pengiriman Data QoS 0 tanpa <i>delay</i> (150 sampel data) .....	59
Tabel 4.4	Performa Pengiriman Data QoS 0 dengan <i>150ms delay</i> (150 sampel data) .....	59
Tabel 4.5	Performa Latensi dan <i>Jitter</i> pengujian QoS 1 .....	62
Tabel 4.6	Performa Pengiriman Data QoS 1 .....	62
Tabel 4.7	Performa Latensi dan <i>Jitter</i> pengujian QoS 2.....	65
Tabel 4.8	Performa Pengiriman Data QoS 2 .....	65
Tabel 4.9	Spesifikasi Komunikasi Skenario 2.....	66
Tabel 4.10	Karakteristik rekoneksi pengujian pertama .....	67
Tabel 4.11	Karakteristik rekoneksi pengujian kedua.....	68
Tabel 4.12	Karakteristik pengujian skenario 2 .....	70

Gambar 1.1	Mobil SEMAR Proto UGM .....	1
Gambar 1.2	Grafik kinerja konsumsi energi mobil Semar Proto .....	2
Gambar 1.3	Perbandingan beberapa Komunikasi Data .....	3
Gambar 1.4	Perbandingan kecepatan transmisi HTTP dengan MQTT .....	4
Gambar 1.5	Perbandingan <i>throughput</i> HTTP dengan MQTT .....	4
Gambar 2.1	Skema Telemetri .....	10
Gambar 2.2	Sistem Konektivitas Wi-Fi.....	11
Gambar 2.3	Berbagai generasi Teknologi Seluler.....	12
Gambar 2.4	Sistem Kerja Teknologi Seluler .....	13
Gambar 2.5	Spektrum <i>Bandwidth</i> Seluler .....	13
Gambar 2.6	Grafik <i>Throughput</i> dengan <i>Bandwidth</i> .....	14
Gambar 2.7	Latensi .....	15
Gambar 2.8	Grafik <i>jitter</i> .....	16
Gambar 2.9	Model OSI Layer .....	17
Gambar 2.10	Beberapa contoh Protokol Jaringan .....	18
Gambar 2.11	Protokol Jaringan pada OSI Layer .....	20
Gambar 2.12	Skema komunikasi MQTT .....	21
Gambar 2.13	Format Pesan MQTT .....	23
Gambar 2.14	QoS 0 MQTT .....	24
Gambar 2.15	QoS 1 MQTT .....	24
Gambar 2.16	QoS 2 MQTT .....	25
Gambar 2.17	Tampilan antarmuka Thingsboard.....	26
Gambar 2.18	Skema integrasi komunikasi Thingsboard .....	27
Gambar 2.19	Tampilan antarmuka Wireshark .....	28
Gambar 2.20	Struktur sistem mikrokomputer .....	29
Gambar 2.21	Struktur sistem mikrokontroler .....	29
Gambar 2.22	Skema Arduino Nano 33 IoT.....	30
Gambar 2.23	Ublox Neo 6M .....	31
Gambar 3.1	Diagram Sistem .....	35
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian .....	35
Gambar 3.3	Blok diagram sistem telemetri.....	37
Gambar 3.4	Rangkaian skematik sistem.....	38
Gambar 3.5	Desain PCB pada aplikasi KiCAD .....	38
Gambar 3.6	Desain <i>enclosure</i> sistem .....	39
Gambar 3.7	Skema komunikasi sistem telemetri .....	40
Gambar 3.8	Format objek JSON.....	41
Gambar 3.9	Format Pesan MQTT .....	42
Gambar 3.10	Format Pesan TCP .....	43
Gambar 3.11	Format Pesan IPv4 .....	44
Gambar 3.12	Format Pesan Ethernet.....	45
Gambar 3.13	Alur skema pengiriman data.....	46
Gambar 3.14	Alur skema penerimaan data .....	47
Gambar 3.15	Konfigurasi protokol pada Thingsboard .....	48
Gambar 3.16	Pembuatan <i>converter uplink</i> .....	49

Gambar 3.17	Data diterima sebelum konversi .....	49
Gambar 3.18	Data objek yang telah dikoversi melalui <i>uplink</i> .....	50
Gambar 3.19	Skema <i>rule chain</i> pada <i>server</i> Thingsboard .....	50
Gambar 3.20	Tampilan akhir Thingsboard.....	51
Gambar 3.21	Diagram blok skenario 1.....	52
Gambar 3.22	Diagram blok skenario 2.....	52
Gambar 3.23	Sirkuit Bayangan di Desa Sumberarum, Sleman .....	53
Gambar 3.24	Gambaran vegetasi dan sebaran BTS .....	54
Gambar 4.1	Karakteristik pengiriman QoS 0 tanpa <i>delay</i> .....	56
Gambar 4.2	Karakteristik pengiriman QoS 0 dengan 150 ms <i>delay</i> .....	56
Gambar 4.3	Data diterima dengan QoS 0 tanpa <i>delay</i> .....	57
Gambar 4.4	Data diterima dengan QoS 0 dengan 150 ms <i>delay</i> .....	57
Gambar 4.5	Latensi pada QoS 0 dengan 150 ms <i>delay</i> .....	58
Gambar 4.6	<i>Jitter</i> pada QoS 0 dengan 150 ms <i>delay</i> .....	58
Gambar 4.7	Karakteristik pengiriman QoS 1.....	60
Gambar 4.8	Data diterima dengan QoS 1 .....	61
Gambar 4.9	Latensi pada QoS 1 .....	61
Gambar 4.10	<i>Jitter</i> pada QoS 1 .....	62
Gambar 4.11	Karakteristik pengiriman QoS 2.....	63
Gambar 4.12	Sinyal diterima dengan QoS 2.....	64
Gambar 4.13	Latensi pada QoS 2 .....	64
Gambar 4.14	<i>Jitter</i> pada QoS 2 .....	65
Gambar 4.15	Hasil Pengujian Skenario 2 .....	67
Gambar 4.16	Grafik latensi pada pengujian pertama .....	68
Gambar 4.17	Grafik <i>jitter</i> pada pengujian pertama.....	69
Gambar 4.18	Grafik latensi pada pengujian kedua .....	69
Gambar 4.19	Grafik <i>jitter</i> pada pengujian kedua .....	70