

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	20
1.1 Latar Belakang	20
1.2 Rumusan Masalah	21
1.3 Tujuan dan Manfaat	21
1.4 Batasan Masalah	22
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	23
2.1 Penelitian Terdahulu	23
2.2 Dasar Teori	25
2.2.1 <i>Internet of Things (IoT)</i>	25
2.2.2 <i>Long Range (LoRa)</i>	25
2.2.3 <i>LoRa Gateway</i>	26
2.2.4 <i>Antares Sensor LoRa Shield</i>	27
2.2.5 <i>ESP32 Antares</i>	28
2.2.6 <i>Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)</i>	29
2.2.7 <i>Telkom IoT Platform</i>	30
2.2.8 <i>Arduino IDE</i>	30
2.2.9 <i>LoRa Spreading Factors</i>	31
2.2.10 <i>Quality of Service (QoS)</i>	31
2.2.11 <i>Wireshark</i>	33
BAB 3 METODOLOGI	35
3.1 Tahap Metode Penelitian	35
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	36
3.3 Prosedur Penelitian	37
	viii

3.4	Jadwal Pelaksanaan	41
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1	Implementasi Sensor Node	42
4.2	Implementasi LoRa	43
4.3	Hasil Pengujian	45
4.3.1	Pengujian Jarak 10m	49
4.3.2	Pengujian Jarak 30m	50
4.3.3	Pengujian Jarak 50m	51
4.3.4	Pengujian Jarak 100m	52
4.3.5	Pengujian Jarak 500m	53
4.3.6	Pengujian Jarak 1000m	54
4.4	Analisa dan Pembahasan	55
4.4.1	Analisa Pengaruh Jarak Terhadap QoS	58
4.4.2	Analisa Pengaruh SF Terhadap QoS	98
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	139
5.1	Kesimpulan	139
5.2	Saran	140
	DAFTAR PUSTAKA	141
	LAMPIRAN	144
	Lampiran 1. Kode Program Sensor Node	144
	Lampiran 2. Konfigurasi <i>Device</i> Telkom IoT Platform	146
	BIODATA PENULIS	147

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Antares Sensor LoRa Shield .....	27
Gambar 2. 2 ESP32 Antares .....	28
Gambar 2. 3 Telkom IoT Platform[15].....	30
Gambar 2. 4 Wireshark .....	33
Gambar 3. 1 Tahap Metode Penelitian .....	35
Gambar 3. 2 Alur Penelitian .....	37
Gambar 3. 3 Desain Sistem.....	39
Gambar 4. 1 Sensor Node (ESP32 Antares dan Antares Sensor LoRa Shield).....	42
Gambar 4. 2 Pembacaan data suhu dan kelembapan oleh Sensor Node.....	43
Gambar 4. 3 Tampilan Application Device pada Telkom Iot Platform.....	44
Gambar 4. 4 Hasil compiling dan uploading program sensor node.....	44
Gambar 4. 5 Data Output Sensor Node pada Telkom IoT Platform.....	45
Gambar 4. 6 Jarak Pengujian 10m-50m.....	47
Gambar 4. 7 Jarak Pengujian 2 .....	49
Gambar 4. 8 Filter Wireshark (1).....	55
Gambar 4. 9 Hasil capture paket data .....	56
Gambar 4. 10 Hasil dari Capture File Properties pada Wireshark.....	57
Gambar 4. 11 Filter Wireshark (2).....	57
Gambar 4. 12 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF7 dan Interval Waktu 10s .....	60
Gambar 4. 13 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF7 dan Interval Waktu 30s .....	60
Gambar 4. 14 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF7 dan Interval Waktu 100s.....	61
Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF7 dan Interval Waktu 200s .....	62
Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF7 .....	62
Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF10 dan Interval Waktu 10s.....	63
Gambar 4. 18 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF10 dan Interval Waktu 30s.....	64

Gambar 4. 19 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF10 dan Interval Waktu 100s.....	64
Gambar 4. 20 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF10 dan Interval Waktu 200s.....	65
Gambar 4. 21 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF10.....	65
Gambar 4. 22 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF12 dan Interval Waktu 10s.....	66
Gambar 4. 23 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF12 dan Interval Waktu 30s.....	67
Gambar 4. 24 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF12 dan Interval Waktu 100s.....	67
Gambar 4. 25 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF12 dan Interval Waktu 200s.....	68
Gambar 4. 26 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss di SF12.....	68
Gambar 4. 27 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF7 dan Interval Waktu 10s ....	69
Gambar 4. 28 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF7 dan Interval Waktu 30s ....	70
Gambar 4. 29 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF7 dan Interval Waktu 100s ..	71
Gambar 4. 30 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF7 dan Interval Waktu 200s ..	72
Gambar 4. 31 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF7 .....	72
Gambar 4. 32 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF10 dan Interval Waktu 10s ..	73
Gambar 4. 33 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF10 dan Interval Waktu 30s ..	74
Gambar 4. 34 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF10 dan Interval Waktu 100s	74
Gambar 4. 35 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF10 dan Interval Waktu 200s	75
Gambar 4. 36 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF10 .....	76
Gambar 4. 37 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF12 dan Interval Waktu 10s ..	76
Gambar 4. 38 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF12 dan Interval Waktu 30s ..	77
Gambar 4. 39 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF12 dan Interval Waktu 100s	78
Gambar 4. 40 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF12 dan Interval Waktu 200s	78
Gambar 4. 41 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Delay di SF12 .....	79
Gambar 4. 42 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF7 dan Interval Waktu 10s .....	80
Gambar 4. 43 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF7 dan Interval Waktu 30s .....	81

Gambar 4. 44 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF7 dan Interval Waktu 100s .....	81
Gambar 4. 45 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF7 dan Interval Waktu 200s .....	82
Gambar 4. 46 Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF7.....	82
Gambar 4. 47 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF10 dan Interval Waktu 10s .....	83
Gambar 4. 48 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF10 dan Interval Waktu 30s .....	84
Gambar 4. 49 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF10 dan Interval Waktu 100s.....	84
Gambar 4. 50 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF10 dan Interval Waktu 200s.....	85
Gambar 4. 51 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF10 .....	85
Gambar 4. 52 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF12 dan Interval Waktu 10s .....	86
Gambar 4. 53 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF12 dan Interval Waktu 30s .....	87
Gambar 4. 54 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF12 dan Interval Waktu 100s.....	87
Gambar 4. 55 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF12 dan Interval Waktu 200s.....	88
Gambar 4. 56 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Throughput di SF12 .....	88
Gambar 4. 57 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF7 dan Interval Waktu 10s.....	89
Gambar 4. 58 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF7 dan Interval Waktu 30s.....	90
Gambar 4. 59 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF7 dan Interval Waktu 100s....	90
Gambar 4. 60 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF7 dan Interval Waktu 200s....	91
Gambar 4. 61 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF7 .....	92
Gambar 4. 62 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF10 dan Interval Waktu 10s....	92
Gambar 4. 63 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF10 dan Interval Waktu 30s....	93
Gambar 4. 64 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF10 dan Interval Waktu 100s..	93
Gambar 4. 65 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF10 dan Interval Waktu 200s..	94
Gambar 4. 66 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF10 .....	94

Gambar 4. 67 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF12 dan Interval Waktu 10s....	95
Gambar 4. 68 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF12 dan Interval Waktu 30s....	96
Gambar 4. 69 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF12 dan Interval Waktu 100s..	96
Gambar 4. 70 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF12 dan Interval Waktu 200s..	97
Gambar 4. 71 Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Jitter di SF12 .....	97
Gambar 4. 72 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 50m.....	100
Gambar 4. 73 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 100m dan Interval Waktu 10s .....	101
Gambar 4. 74 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 100m dan Interval Waktu 30s .....	101
Gambar 4. 75 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 100m dan Interval Waktu 100s .....	102
Gambar 4. 76 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 100m.....	102
Gambar 4. 77 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 500m dan Interval Waktu 10s .....	103
Gambar 4. 78 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 500m dan Interval Waktu 30s .....	103
Gambar 4. 79 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 500m.....	104
Gambar 4. 80 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 1000m dan Interval Waktu 10s .....	104
Gambar 4. 81 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 1000m dan Interval Waktu 30s .....	105
Gambar 4. 82 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 1000m dan Interval Waktu 100s .....	105
Gambar 4. 83 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 1000m dan Interval Waktu 200s .....	106
Gambar 4. 84 Grafik Pengaruh SF Terhadap Packet Loss di Jarak 1000m.....	106
Gambar 4. 85 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 10m dan Interval Waktu 10s .....	107
Gambar 4. 86 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 10m dan Interval Waktu 30s .....	108
Gambar 4. 87 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 10m dan Interval Waktu 100s .....	108

Gambar 4. 88 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 10m dan Interval Waktu 200s .....	109
Gambar 4. 89 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 10m .....	109
Gambar 4. 90 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 30m dan Interval Waktu 10s .....	110
Gambar 4. 91 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 30m dan Interval Waktu 30s .....	110
Gambar 4. 92 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 30m dan Interval Waktu 100s .....	111
Gambar 4. 93 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 30m dan Interval Waktu 200s .....	111
Gambar 4. 94 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 30m .....	112
Gambar 4. 95 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 50m dan Interval Waktu 10s .....	112
Gambar 4. 96 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 50m dan Interval Waktu 30s .....	113
Gambar 4. 97 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 50m dan Interval Waktu 100s .....	113
Gambar 4. 98 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 50m dan Interval Waktu 200s .....	114
Gambar 4. 99 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 50m .....	114
Gambar 4. 100 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 100m dan Interval Waktu 10s .....	115
Gambar 4. 101 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 100m dan Interval Waktu 30s .....	115
Gambar 4. 102 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 100m dan Interval Waktu 100s .....	116
Gambar 4. 103 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 100m dan Interval Waktu 200s .....	116
Gambar 4. 104 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 100m .....	117
Gambar 4. 105 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 500m dan Interval Waktu 10s .....	117

Gambar 4. 106 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 500m dan Interval Waktu 30s .....	118
Gambar 4. 107 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 500m dan Interval Waktu 100s.....	118
Gambar 4. 108 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 500m dan Interval Waktu 200s.....	119
Gambar 4. 109 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 500m .....	119
Gambar 4. 110 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 1000m dan Interval Waktu 10s.....	120
Gambar 4. 111 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 1000m dan Interval Waktu 30s.....	120
Gambar 4. 112 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 1000m dan Interval Waktu 100s.....	121
Gambar 4. 113 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 1000m dan Interval Waktu 200s.....	121
Gambar 4. 114 Grafik Pengaruh SF Terhadap Delay di Jarak 1000m .....	122
Gambar 4. 115 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 10m dan Interval Waktu 10s.....	123
Gambar 4. 116 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 10m dan Interval Waktu 30s.....	123
Gambar 4. 117 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 10m dan Interval Waktu 100s.....	124
Gambar 4. 118 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 10m dan Interval Waktu 100s.....	124
Gambar 4. 119 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 10m .....	125
Gambar 4. 120 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 30m dan Interval Waktu 10s.....	125
Gambar 4. 121 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 30m dan Interval Waktu 30s.....	126
Gambar 4. 122 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 30m dan Interval Waktu 100s.....	126
Gambar 4. 123 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 30m dan Interval Waktu 200s.....	127



Gambar 4. 124 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 30m .....	127
Gambar 4. 125 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 50m dan Interval Waktu 10s .....	128
Gambar 4. 126 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 50m dan Interval Waktu 30s .....	128
Gambar 4. 127 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 50m dan Interval Waktu 100s .....	129
Gambar 4. 128 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 50m dan Interval Waktu 200s .....	129
Gambar 4. 129 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 50m .....	130
Gambar 4. 130 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 100m dan Interval Waktu 10s .....	130
Gambar 4. 131 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 100m dan Interval Waktu 30s .....	131
Gambar 4. 132 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 100m dan Interval Waktu 100s .....	131
Gambar 4. 133 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 100m dan Interval Waktu 200s .....	132
Gambar 4. 134 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 100m .....	132
Gambar 4. 135 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 500m dan Interval Waktu 10s .....	133
Gambar 4. 136 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 500m dan Interval Waktu 30s .....	133
Gambar 4. 137 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 500m dan Interval Waktu 100s .....	134
Gambar 4. 138 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 500m dan Interval Waktu 200s .....	134
Gambar 4. 139 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 500m .....	135
Gambar 4. 140 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 1000m dan Interval Waktu 10s .....	135
Gambar 4. 141 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 1000m dan Interval Waktu 30s .....	136

Gambar 4. 142 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 1000m dan Interval Waktu 100s .....	136
Gambar 4. 143 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 1000m dan Interval Waktu 200s .....	137
Gambar 4. 144 Grafik Pengaruh SF Terhadap Throughput di Jarak 1000m .....	137

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Throughput menurut Standar TIPHON .....	32
Tabel 2. 2 Kategori Packet Loss menurut Standar TIPHON .....	32
Tabel 2. 3 Kategori Latency (Delay) menurut Standar TIPHON .....	33
Tabel 2. 4 Kategori Jitter menurut Standar TIPHON .....	33
Tabel 3. 1 Perangkat Keras (Hardware).....	36
Tabel 3. 2 Perangkat Lunak (Software) .....	37
Tabel 4. 1 Skenario pengujian pada jarak 10m-50m .....	46
Tabel 4. 2 Skenario pengujian pada jarak 100m-1000m .....	47
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan QoS Pengujian Jarak 10m .....	49
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan QoS Pengujian Jarak 30m .....	50
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan QoS Pengujian Jarak 50m .....	51
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan QoS Pengujian Jarak 100m .....	52
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan QoS Pengujian Jarak 500m .....	53
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan QoS Pengujian Jarak 1000m .....	54
Tabel 4. 9 Pengaruh Jarak Terhadap QoS.....	58
Tabel 4. 10 Pengaruh SF Terhadap QoS.....	98

## DAFTAR SIMBOL