

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iiiv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN MENYERAHKAN HAK MILIK ATAS TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
1. 1. Latar Belakang.....	I-1
1. 2. Rumusan Masalah .....	I-3
1. 3. Tujuan Penelitian.....	I-4
1. 4. Manfaat Penelitian.....	I-4
1. 5. Batasan Penelitian .....	I-4
1. 6. Sistematika Penulisan.....	I-5
BAB II LANDASAN TEORI .....	II-1
2. 1. Pencemaran Udara.....	II-1
2. 2. Data Deduplication.....	II-4
2. 3. Low-Overhead Inline Data Deduplication .....	II-6
2. 4. GreenIoT.....	II-8
2. 5. LoRa dan LoRaWAN.....	II-9
2. 6. Mikrokontroler .....	II-11
2. 7. Sensor .....	II-11
2. 8. Energi Surya.....	II-12
2. 9. Platform Android.....	II-13
2. 10. Cloud Computing.....	II-13
2. 11. Daya Listrik .....	II-14
2. 12. Bit Error Rate (BER) .....	II-15
2. 13. Penelitian Terkait.....	II-15

BAB III METODE PENELITIAN .....	III-1
3. 1. Flowchart Penelitian.....	III-1
3. 1. 1. Menentukan Tema Penelitian.....	III-1
3. 1. 2. Studi Literatur .....	III-2
3. 1. 3. Menentukan Rumusan Masalah .....	III-2
3. 1. 4. Perancangan Sistem .....	III-2
3. 1. 5. Pengumpulan Kebutuhan Sistem .....	III-4
3. 1. 6. Pengujian <i>Software</i> Tanpa Deteksi Duplikasi Data .....	III-16
3. 1. 7. Pengujian <i>Software</i> dengan Deteksi Duplikasi Data.....	III-17
3. 1. 8. Perubahan <i>Software</i> dengan Deteksi Duplikasi Data.....	III-20
3. 1. 9. Pengujian Komponen.....	III-21
3. 1. 10. Penggantian Komponen.....	III-28
3. 1. 11. Instalasi Sistem.....	III-28
3. 1. 12. Pengujian Sistem .....	III-28
3. 1. 13. Analisis .....	III-29
3. 1. 14. Kesimpulan.....	III-29
3. 2. Flowchart Sistem Monitoring Kualitas Udara Tanpa Deteksi Duplikasi Data	III-30
3. 3. Flowchart Penerapan Deteksi Duplikasi Data pada Sistem .....	III-32
3. 4. Arsitektur Sistem.....	III-39
3. 5. Pengambilan Data.....	III-41
3. 6. Waktu Lokasi Penelitian.....	III-42
BAB IV PEMBAHASAN.....	IV-1
4. 1. Pengujian Software Tanpa Deteksi Duplikasi Data .....	IV-1
4. 2. Pengujian <i>Software</i> dengan Deteksi Duplikasi Data.....	IV-24
4. 2. 1. Hasil Pengujian Batas Maksimal Data Unik .....	IV-35
4. 2. 2. Hasil Pengujian Data Unik Melebihi Batas Maksimal .....	IV-36
4. 2. 3. Hasil Pengujian Nilai Sensor Acak .....	IV-38
4. 2. 4. Hasil Pengujian Nilai Sensor Selalu Sama.....	IV-54
4. 3. Pengujian Komponen .....	IV-69
4. 3. 1. Pengujian Arduino Mega .....	IV-70
4. 3. 2. Pengujian Raspberry Pi 4 Model B.....	IV-71
4. 3. 3. Pengujian Layar TFT .....	IV-72
4. 3. 4. Pengujian Sensor SEN0177 .....	IV-73

4. 3. 5.	Pengujian Sensor Kecepatan Angin .....	IV-75
4. 3. 6.	Pengujian Sensor DHT22.....	IV-76
4. 3. 7.	Pengujian SX1262 868M Lora HAT .....	IV-78
4. 3. 8.	Pengujian Modul LM2596 .....	IV-82
4. 3. 9.	Pengujian MPPT .....	IV-83
4. 3. 10.	Pengujian Panel Surya Polycrystalline .....	IV-84
4. 3. 11.	Pengujian Baterai 12 V.....	IV-85
4. 4.	Instalasi Sistem.....	IV-86
4. 4. 1.	Instalasi Sistem <i>Server</i> .....	IV-89
4. 4. 2.	Instalasi Sistem Android .....	IV-91
4. 4. 3.	Instalasi Sistem <i>Gateway</i> .....	IV-91
4. 4. 4.	Instalasi Sistem <i>Node</i> .....	IV-92
4. 5.	Pengujian Sistem .....	IV-101
4. 6.	Analisis .....	IV-110
BAB V	PENUTUP .....	V-1
5. 1.	Kesimpulan.....	V-1
5. 2.	Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	.....	i
LAMPIRAN	.....	viii

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien Nasional.....	II-2
Tabel 2. 2 Kategori Angka Rentang ISPU .....	II-4
Tabel 2. 3 Penelitian Terkait .....	II-16
Tabel 3. 1 Komponen Kebutuhan Sistem .....	III-4
Tabel 3. 2 Spesifikasi Arduino Mega.....	III-6
Tabel 3. 3 Spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B .....	III-7
Tabel 3. 4 Spesifikasi Sensor SEN0177.....	III-8
Tabel 3. 5 Spesifikasi Sensor Kecepatan Angin .....	III-10
Tabel 3. 6 Spesifikasi Sensor DHT22 .....	III-11
Tabel 3. 7 Spesifikasi SX1262 868M Lora HAT.....	III-12
Tabel 3. 8 Spesifikasi Modul LM2596 .....	III-14
Tabel 3. 9 Cara Pengambilan Data.....	III-41
Tabel 3. 10 Matriks Kerja Penelitian .....	III-42
Tabel 4.1 Keterangan hubungan kabel skematik rangkaian peengujian softwareIV- 2	
Tabel 4.2 Kode modul sensor untuk arduino .....	IV-4
Tabel 4.3 Kode program modul kerangka data sensor.....	IV-6
Tabel 4.4 Kode program modul main arduino .....	IV-6
Tabel 4.5 Kode program gateway .....	IV-7
Tabel 4.6 Kode program untuk server.....	IV-10
Tabel 4.7 Kode program untuk mengatur alur publish MQTT Broker.....	IV-11

Tabel 4.8 Kode program utama pada sisi server untuk berkomunikasi dengan aplikasi android.....	IV-13
Tabel 4.9 Kode program fungsi untuk menampilkan data terkini pada aplikasi android.....	IV-14
Tabel 4.10 Hasil Pengujian <i>Software</i> Tanpa Deteksi Duplikasi Data Bagian Latensi .....	IV-18
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Software Tanpa Deteksi Duplikasi Data Bagian Pengiriman Data.....	IV-20
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Software Tanpa Deteksi Duplikasi Data Bagian Penggunaan Daya.....	IV-23
Tabel 4.13 Kode program modul deteksi duplikasi data pada node .....	IV-27
Tabel 4.14 Kode program struktur data dari metadata di node.....	IV-30
Tabel 4.15 Kode program utama untuk software dengan deteksi duplikasi data pada node.....	IV-31
Tabel 4.16 Kode program konfigurasi publish data MQTT dengan penerapan metode deteksi duplikasi data .....	IV-33
Tabel 4. 17 Hasil pengujian jumlah batas maksimal untuk data unik.....	IV-35
Tabel 4. 18 Hasil pengujian kondisi apabila data unik melebihi batas maksimal node .....	IV-36
Tabel 4.19 Kode program pengganti untuk pengujian dengan data sensor acak .IV-	38
Tabel 4.20 Data konsumsi daya node saat pengiriman data pada pengujian nilai sensor acak dengan ukuran index server kecil .....	IV-40

Tabel 4.21 Data pengiriman data pada pengujian nilai sensor acak dengan ukuran index server kecil .....	IV-41
Tabel 4.22 Data pembacaan sensor terbaru pada pengujian dengan nilai sensor acak dan ukuran index server kecil .....	IV-43
Tabel 4.23 Data latensi pada pengujian dengan nilai sensor acak dan data index server kecil .....	IV-45
Tabel 4.24 Data daya node saat pengiriman data pada pengujian dengan nilai sensor acak dan data index server besar .....	IV-47
Tabel 4.25 Data pengiriman pada pengujian dengan nilai sensor acak dan data index server besar.....	IV-49
Tabel 4.26 Data pembacaan sensor terbaru pada pengujian dengan nilai sensor acak dan data index server besar .....	IV-51
Tabel 4.27 Data latensi pada pengujian dengan nilai sensor acak dan data index server besar.....	IV-53
Tabel 4.28 Data konsumsi daya saat pengiriman pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server kecil .....	IV-55
Tabel 4.29 Data pengiriman data oleh node pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server kecil .....	IV-56
Tabel 4.30 Data perbandingan pembacaan terbaru di node dan server pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server kecil.....	IV-58
Tabel 4.31 Data latensi pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server kecil .....	IV-60
Tabel 4.32 Data konsumsi daya oleh node saat pengiriman data pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server besar.....	IV-63

Tabel 4.33 Data pengiriman data pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server besar .....	IV-64
Tabel 4.34 Data perbandingan hasil pembacaan terbaru antara node dengan server pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server besar .	IV-66
Tabel 4.35 Data latensi pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server besar.....	IV-68
Tabel 4.36 Hasil pengujian arduino mega.....	IV-70
Tabel 4.37 Keterangan Rangkaian Pengujian Raspberry Pi 4.....	IV-71
Tabel 4.38 Hasil pengujian Raspberry Pi 4 Model B.....	IV-71
Tabel 4.39 Hasil pengujian layar TFT .....	IV-73
Tabel 4.40. Keterangan Rangkaian Pengujian Sensor SEN0177.....	IV-74
Tabel 4.41 Hasil pengujian sensor SEN0177.....	IV-74
Tabel 4.42. Keterangan Rangkaian Pengujian Sensor Kecepatan Angin .....	IV-75
Tabel 4.43 Data hasil pengujian sensor kecepatan angin.....	IV-75
Tabel 4.44 Keterangan Rangkaian Pengujian Sensor DHT22 .....	IV-76
Tabel 4.45 Hasil pengujian sensor DHT22 .....	IV-77
Tabel 4.46 Keterangan Rangkaian Pengujian SX1262 868M LoRa HAT .....	IV-78
Tabel 4.47 Hasil pengujian SX1262 868M Lora HAT .....	IV-78
Tabel 4.48 Keterangan Rangkaian Pengujian Modul LM2596 .....	IV-82
Tabel 4.49 Data Hasil Pengujian Modul LM2596 .....	IV-82
Tabel 4.50 Keterangan Rangkaian Pengujian MPPT.....	IV-83
Tabel 4.51 Data hasil pengujian MPPT .....	IV-84
Tabel 4.52 Keterangan Rangkaian Pengujian Panel Surya.....	IV-85
Tabel 4.53 Data Hasil Pengujian Panel Surya Polycrystalline .....	IV-85

Tabel 4. 54 Keterangan Rangkaian Pengujian Baterai.....	IV-86
Tabel 4.55 Data hasil pengujian baterai.....	IV-86
Tabel 4.56 Pengkabelan Arduino Mega dengan LCD TFT .....	IV-93
Tabel 4.57 Pengkabelan Arduino Mega dengan Modul LoRa.....	IV-93
Tabel 4.58 Pengkabelan Arduino Mega dengan SEN0177 .....	IV-94
Tabel 4.59 Pengkabelan Sistem Node dengan Sensor Kecepatan Angin .....	IV-94
Tabel 4.60 Pengkabelan Arduino Mega dengan DHT22 .....	IV-94
Tabel 4.61 Pengkabelan Panel Surya dan MPPT .....	IV-94
Tabel 4.62 Pengkabelan Baterai dan MPPT .....	IV-94
Tabel 4.63 Pengkabelan Baterai dan MPPT .....	IV-95
Tabel 4.64 Kode program untuk pembacaan sensor pada node.....	IV-95
Tabel 4.65 Kode program modul Layar TFT pada node .....	IV-97
Tabel 4.66 Kode program utama node .....	IV-99
Tabel 4.67 Hasil Pengujian Fungsi Sistem .....	IV-102



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Proses Deduplikasi Data.....	II-5
Gambar 2. 2 Ilustrasi Proses Kerja Low-Overhead Inline Data Deduplication pada persistent memory .....	II-7
Gambar 2. 3 Green Internet of Things .....	II-9
Gambar 2. 4 Ilustrasi Hubungan End-Device, Gateway, dan Server pada LoRaWAN .....	II-10
Gambar 2. 5 Sistem Photovoltaic.....	II-12
Gambar 2. 6 Rangkaian baterai dan resistor yang terhubung secara seri.....	II-14
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	III-1
Gambar 3. 2 Alur kerja sistem .....	III-3
Gambar 3. 3. Tampak atas Arduino Mega .....	III-5
Gambar 3. 4 Tampak Atas Raspberry Pi 4 Model B.....	III-6
Gambar 3. 5 Tampak atas sensor SEN0177.....	III-8
Gambar 3. 6 Sensor Kecepatan Angin .....	III-9
Gambar 3. 7 Sensor DHT22.....	III-10
Gambar 3. 8 Modul SX1262 868M LoRa HAT Waveshare.....	III-11
Gambar 3. 9 (a) Tampak atas Modul LM2596 (b) Skematik Rangkaian Modul LM2596.....	III-13
Gambar 3. 10 Tampak Depan MPPT .....	III-14
Gambar 3. 11 Arsitektur Sederhana MPPT.....	III-15
Gambar 3. 12 Panel Surya Polysrystalline .....	III-15
Gambar 3. 13 Baterai 12V .....	III-16

Gambar 3. 14 Flowchart pengujian software tanpa deteksi duplikasi data.....	III-16
Gambar 3.15 Alur pengujian software dengan deteksi duplikasi data bagian batas maksimal data unik tersimpan pada node .....	III-17
Gambar 3.16 Pengujian software dengan deteksi duplikasi data dan data unik melebihi batas maksimal .....	III-18
Gambar 3.17 Diagram alur pengujian software dengan deteksi duplikasi data dengan nilai sensor acak.....	III-18
Gambar 3.18 Diagram alur pengujian software dengan deteksi duplikasi data dengan nilai sensor selalu sama .....	III-19
Gambar 3. 19 Flowchart perubahan software dengan deteksi duplikasi data ..	III-20
Gambar 3.20 Flowchart pengujian Arduino Mega .....	III-21
Gambar 3. 21 Flowchart pengujian Raspberry Pi 4 Model B .....	III-22
Gambar 3. 22 Flowchart pengujian layar TFT.....	III-22
Gambar 3. 23 Flowchart pengujian sensor SEN0177 .....	III-23
Gambar 3. 24 Flowchart pengujian sensor kecepatan angin.....	III-23
Gambar 3. 25 Flowchart pengujian sensor DHT22 .....	III-24
Gambar 3. 26 Flowchart pengujian modul LoRa SX1262 868M Lora HAT ..	III-25
Gambar 3. 27 Flowchart pengujian modul LM2596.....	III-26
Gambar 3. 28 Flowchart pengujian MPPT .....	III-26
Gambar 3. 29 Flowchart pengujian panel surya.....	III-27
Gambar 3. 30 Flowchart pengujian baterai .....	III-27
Gambar 3. 31 Flowchart pengujian sistem.....	III-28
Gambar 3. 32 Flowchart Sistem Monitoring Tanpa Deteksi Duplikasi Data ..	III-30
Gambar 3. 33 Flowchart Sistem Deteksi Duplikasi Data .....	III-32

Gambar 3. 34 Ilustrasi Pembuatan Index Server.....	III-35
Gambar 3. 35 Alur kerja menerjemahkan data dari node di server .....	III-36
Gambar 3. 36 Flowchart Membaca Sensor pada Node/Arduino .....	III-37
Gambar 3. 37. Alur Kerja Monitoring Hasil Pembacaan Node Pada Aplikasi Android .....	III-38
Gambar 3. 38. (a) Tampilan activity Home bagian teks (b) Tampilan activity Home bagian grafik.....	III-39
Gambar 3. 39 Arsitektur sistem .....	III-39
Gambar 4.1 (a) Blok Diagram Rangkaian Pengujian (b) Skematik Rangkaian Pengujian Software Tanpa Deteksi Duplikasi Data .....	IV-1
Gambar 4.2 Tampilan hasil pembacaan sensor INA219 dan data hasil proses dari Node .....	IV-3
Gambar 4.3 Tampilan data di server .....	IV-4
Gambar 4.4 Hasil Pembacaan Daya Pengujian Software Tanpa Deteksi Duplikasi Data .....	IV-17
Gambar 4.5 Tampilan data yang diterima komputer/laptop dari node/Arudino Mega .....	IV-24
Gambar 4.6 Data konsumsi daya keseluruhan oleh node pada pengujian nilai sensor acak dengan ukuran index server kecil .....	IV-39
Gambar 4.7 Data daya node keseluruhan pada pengujian dengan nilai sensor acak dan data index server besar .....	IV-47
Gambar 4.8 Data konsumsi daya node pada pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server kecil.....	IV-54

Gambar 4.9 Data konsumsi daya node saat pengujian dengan nilai sensor selalu sama dan data index server besar .....	IV-62
Gambar 4.10 Skema pengujian arduino mega .....	IV-70
Gambar 4.11 Skema pengujian Raspberry Pi 4 Model B .....	IV-71
Gambar 4.12 Skema rangkaian pengujian layar TFT .....	IV-72
Gambar 4.13 Skema Pengujian Sensor SEN0177.....	IV-73
Gambar 4.14 Skema rangkaian pengujian sensor kecepatan angin .....	IV-75
Gambar 4. 15 Skema Pengujian Sensor DHT22 .....	IV-76
Gambar 4.16 Skema pengujian SX1262 868M Lora HAT .....	IV-78
Gambar 4. 17 Skema rangkaian pengujian modul LM2596 .....	IV-82
Gambar 4.18 Skema rangkaian pengujian MPPT .....	IV-83
Gambar 4. 19 Skema rangkaian pengujian panel surya polycrystalline .....	IV-84
Gambar 4. 20 Skema rangkaian pengujian baterai.....	IV-85
Gambar 4.21 Ilustrasi Sistem .....	IV-87
Gambar 4.22 Tampilan Server Setelah Kode Program Berjalan .....	IV-89
Gambar 4. 23 Ilustrasi MQTT Broker dan HTTP Server pada Server .....	IV-90
Gambar 4. 24 Tampak Atas Raspberry Pi 4B dengan penambahan modul LoRa Waveshare .....	IV-91
Gambar 4. 25 Rangkaian sistem pada node/Arduino Mega.....	IV-92
Gambar 4. 26. Foto Pembacaan Node dengan Aplikasi Android .....	IV-101
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Data Rata-Rata Konsumsi Daya Keseluruhan Oleh Node pada Setiap Skenario Pengujian.....	IV-111
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Data Konsumsi Daya Saat Pengiriman Data Oleh Node .....	IV-112

Gambar 4.29 Perbandingan ukuran data yang dikirimkan oleh software tanpa penggunaan deteksi data duplikat dan software dengan penggunaan deteksi duplikasi data .....IV-113

Gambar 4.30 Grafik latensi untuk sistem dengan deteksi data duplikat dan sistem tanpa deteksi data duplikat .....IV-114