

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi
INTISARI.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	5
I.3. Batasan Masalah.....	5
I.4. Tujuan Penelitian.....	6
I.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
II.1. Tinjauan Pustaka.....	8
II.2. Posisi Penelitian.....	15
BAB III DASAR TEORI.....	17
III.1. <i>Occupational Safety and Health Administration (OSHA)</i>	17
III.2. Hidrogen Sulfida.....	17
III.3. Bencana Kesehatan Lingkungan.....	19
III.4. Mitigasi Bencana.....	20
III.5. Sistem Pemantauan.....	21
III.6. Sensor Elektrokimia.....	22
III.7. Mikrokontroler.....	32
III.7.1. Mikrokontroler WeMos D1 R32.....	33
III.8. Komunikasi <i>Inter-Integrated Circuit (I2C)</i>	34
III.9. Catu Daya.....	40

III.10. WiFi.....	40
III.11. <i>Internet of Things</i>	43
III.11.1. Arsitektur IoT.....	45
III.12. <i>Cloud Service</i>	46
III.12.1. Google Apps Script.....	47
III.12.2. Keamanan pada Google Apps Script	48
III.13. <i>Hypertext Transfer–Transfer Protocol (HTTP)</i>	50
III.14. <i>Database</i>	52
III.14.1. Google Spreadsheet.....	53
III.15. <i>Dashboard</i>	53
III.15.1. Google Looker Studio.....	54
III.16. Latensi dan <i>Packet Loss</i>	57
III.17. Standar Deviasi	58
III.18. <i>Packet Error Rate (PER)</i>	60
III.19. Hipotesis.....	62
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	63
IV.1. Metode Penelitian	63
IV.2. Waktu dan Tempat Penelitian.....	63
IV.3. Alat dan Bahan Penelitian.....	64
IV.4. Tata Laksana Penelitian	68
IV.4.1. Identifikasi Masalah.....	70
IV.4.2. Studi Literatur	70
IV.4.3. Penentuan Tuntutan Rancangan.....	71
IV.4.4. Perancangan Sistem	72
IV.4.5. Pembangunan Sistem.....	109
IV.4.6. Pengujian Sistem.....	112
IV.4.7. Analisis Hasil Pengujian	119
IV.4.8. Kesimpulan	119
IV.4.9. Penulisan Laporan.....	120
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	121
V.1. Hasil Pembangunan Sistem.....	121
V.1.1. Hasil Pembangunan Perangkat Keras	121

V.1.2. Hasil Pembangunan Perangkat Lunak.....	123
V.2. Hasil Pengujian Sistem.....	152
V.2.1. Uji Kemampuan Sistem	152
V.2.2. Uji Validitas Empiris Sistem.....	156
V.2.3. Uji Reliabilitas Sistem.....	158
V.2.4. Uji <i>Range</i> Sistem.....	161
V.2.5. Uji Kemampuan Proses Sistem.....	164
V.2.6. Uji Kemampuan Transmisi Sistem	166
V.2.7. Uji Validitas Penampil Visualisasi pada Dashboard Sistem.....	168
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	183
VI.1. Kesimpulan	183
VI.2. Saran	183
DAFTAR PUSTAKA	185
LAMPIRAN	190
LAMPIRAN A KODE SUMBER	191
LAMPIRAN B DATA PENGUJIAN	198
LAMPIRAN C DATASHEET SENSOR	199
LAMPIRAN D DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN.....	204

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Tinjauan Pustaka.	13
Tabel 3.1 Konsentrasi gas hidrogen sulfida yang aman pada udara <i>ambient</i> [5]. 17	
Tabel 3.2 Klasifikasi Sensor Gas [26].	24
Tabel 3.3 Sensor elektrokimia berdasarkan prinsip operasi [27].	26
Tabel 3.4 Spesifikasi WeMos D1 R32 [32].	34
Tabel 3.5 Metode HTTP [43].	52
Tabel 3.6 Status Kode HTTP [43].	52
Tabel 3.7 Performa jaringan komunikasi data [52].	58
Tabel 4.1 Alat Penelitian.	64
Tabel 4.2 Bahan Penelitian.	67
Tabel 4.3 Perbandingan Sensor H ₂ S [55] [28] [56].	73
Tabel 5.1 Hasil Uji Validitas Empiris Sistem.	157
Tabel 5.2 Hasil Uji Reliabilitas Sistem.	160
Tabel 5.3 Hasil Uji <i>Range</i> Sistem	163
Tabel 5.4 Hasil Uji Kemampuan Proses Sistem Skenario Pengujian 10 Jam. ...	165
Tabel 5.5 Hasil Uji Kemampuan Transmisi Data Sistem Skenario Pengujian 10 Jam.	167

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram blok penelitian Bhasworo (2017) [13].	8
Gambar 2.2	Diagram blok penelitian Subekti (2023) [14].	10
Gambar 3.1	Sistem pengukuran dan pemantauan [25].	22
Gambar 3.2	Skema sensor elektrokimia [26].	27
Gambar 3.3	Blok diagram sistem sensor elektrokimia amperometri [27].	29
Gambar 3.4	Contoh sensor elektrokimia [28].	30
Gambar 3.5	Reaksi Oksidasi dan Reduksi pada Elektroda Sensor [30].	31
Gambar 3.6	Skema Koneksi pengontrol empat (4) kabel pada I2C [34].	36
Gambar 3.7	Skema transmisi data pada I2C [34].	37
Gambar 3.8	Urutan transmisi perintah <i>write</i> pada protokol I2C [33].	38
Gambar 3.9	Urutan transmisi perintah <i>read</i> pada protokol I2C [33].	39
Gambar 3.10	Model tujuh lapisan OSI [37].	41
Gambar 3.11	Skema IoT [39].	44
Gambar 3.12	Arsitektur <i>Internet of Things</i> [38].	46
Gambar 3.13	Mekanisme komunikasi HTTP [43].	51
Gambar 3.14	Latensi pengiriman paket data.	57
Gambar 4.1	Lab SSTK DTNTF UGM.	63
Gambar 4.2	Tempat Tinggal Peneliti.	64
Gambar 4.3	Diagram alir metode penelitian.	69
Gambar 4.4	Diagram Blok Sistem.	76
Gambar 4.5	Diagram Skematik Sistem.	79
Gambar 4.6	Diagram blok sistem peringatan dini gas H ₂ S.	83
Gambar 4.7	DED sistem pemantauan Gas H ₂ S.	86
Gambar 4.8	Diagram Sekuensial.	89
Gambar 4.9	Diagram Alir Keseluruhan Sistem.	94
Gambar 4.10	Diagram alir subrutin akuisisi (1).	95
Gambar 4.11	Diagram alir subrutin akuisisi (2).	97
Gambar 4.12	Diagram alir subrutin transmisi data pada mikrokontroler.	100

Gambar 4.13	Diagram alir subrutin transmisi data pada Google Apps Script. .	102
Gambar 4.14	Diagram alir visualisasi data (1).	104
Gambar 4.15	Diagram alir visualisasi data (2).	106
Gambar 4.16	Diagram alir visualisasi data (3).	108
Gambar 4.17	Dokumentasi Pembangunan Perangkat Keras Sistem.	111
Gambar 4.18	Dokumentasi Pemanasan Campuran Na ₂ S dan HCL dan Pengujian Menggunakan <i>Chamber</i>	114
Gambar 4.19	Proses Uji Reliabilitas Sensor.....	115
Gambar 4.20	Pengujian Kemampuan Proses Sistem	116
Gambar 5.1	Hasil pembangunan perangkat keras sistem.	122
Gambar 5.2	Inisiasi pustaka.....	124
Gambar 5.3	Baris kode inisialisasi pustaka sensor H ₂ S DFRobot SEN0467....	125
Gambar 5.4	Inisialisasi variabel akuisisi.	126
Gambar 5.5	Inisialisasi koneksi WiFi dan <i>cloud service</i>	127
Gambar 5.6	Inisialisasi variabel waktu dan NTP.	127
Gambar 5.7	Inisialisasi fungsi <i>getTime()</i>	129
Gambar 5.8	Inisialisasi fungsi transmisi data.	130
Gambar 5.9	Inisialisasi fungsi koneksi perangkat ke jaringan WiFi.	132
Gambar 5.10	Inisialisasi fungsi sensor H ₂ S DFRobot SEN0467.	133
Gambar 5.11	Kode <i>void setup</i>	135
Gambar 5.12	Kode <i>void loop</i>	136
Gambar 5.13	Kode program Google Apps Script.	139
Gambar 5.14	Lokasi ID pada URL <i>spreadsheet</i> Google Sheets.	140
Gambar 5.15	Proses <i>deployment</i> pada Google Apps Script.	142
Gambar 5.16	ID <i>deployment</i> pada Google Apps Script.	143
Gambar 5.17	Tampilan <i>Sheet1</i> pada <i>server</i> Google Sheets.....	144
Gambar 5.18	Formula untuk memvalidasi sel berisi nilai konsentrasi gas.	145
Gambar 5.19	Formula untuk menghitung jumlah nilai <i>TRUE</i> terbaru dari data pemantauan 8 Jam.	145
Gambar 5.20	Formula untuk menghitung jumlah nilai <i>TRUE</i> terbaru dari data pemantauan 10 menit.	146

Gambar 5.21 Formula rerata konsentrasi 8 jam pada lembar <i>Buffer Sheet</i>	146
Gambar 5.22 Formula rerata konsentrasi 10 menit pada lembar <i>Buffer Sheet</i> . .	147
Gambar 5.23 Formula status bahaya pada rerata konsentrasi 8 jam berdasarkan acuan dari OSHA.	147
Gambar 5.24 Formula status bahaya pada rerata konsentrasi 10 menit berdasarkan acuan dari OSHA.	148
Gambar 5.25 Formula status bahaya pada rerata konsentrasi 8 jam dan 10 menit berdasarkan acuan dari OSHA.	149
Gambar 5.26 Desain <i>dashboard</i> data hasil pengukuran dengan Google Looker Studio.	151
Gambar 5.27 Hasil Akuisisi Sistem.....	153
Gambar 5.28 Hasil Transmisi Sistem.....	154
Gambar 5.29 Hasil Visualisasi Data.....	155
Gambar 5.30 Grafik hasil uji validitas empiris sistem.	156
Gambar 5.31 Grafik uji reliabilitas sistem.....	159
Gambar 5.32 Grafik uji <i>range</i> sistem.....	162
Gambar 5.33 Data pengujian proses sistem selama 10 jam	166
Gambar 5.34 Tampilan <i>dashboard</i> sistem pada Google Looker Studio.	170
Gambar 5.35 Cuplikan tampilan angka konsentrasi gas saat ini, rerata, dan status bahaya.	171
Gambar 5.36 Keterangan tingkatan status bahaya.....	172
Gambar 5.37 Cuplikan tampilan tabel data pemantauan konsentrasi gas H ₂ S..	172
Gambar 5.38 Cuplikan tampilan grafik data pemantauan gas H ₂ S.	173
Gambar 5.39 Status “BAHAYA” rerata 8 jam pada <i>dashboard</i> sistem.....	174
Gambar 5.40 Status “DANGER” setara “BAHAYA” rerata 8 jam pada <i>dashboard</i> sistem.	175
Gambar 5.41 Status “DANGER” setara “BAHAYA” rerata 8 jam dan rerata 10 menit pada <i>dashboard</i> sistem.....	176
Gambar 5.42 Status “ALERT” setara “SIAGA” rerata 8 jam pada <i>dashboard</i> sistem.....	177

Gambar 5.43 Status “ALERT” setara “SIAGA” rerata 10 menit pada <i>dashboard</i> sistem.....	178
Gambar 5.44 Status “ALERT” setara “SIAGA” rerata 8 dan rerata 10 menit pada <i>dashboard</i> sistem.	179
Gambar 5.45 Status “SAFE” setara “AMAN” rerata 8 dan rerata 10 menit pada <i>dashboard</i> sistem.	180