

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xi
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1    Latar Belakang .....	1
I.2    Perumusan Masalah.....	3
I.3    Tujuan.....	3
I.4    Batasan Masalah.....	3
I.5    Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III DASAR TEORI .....	16
III.1.    Emisi Metana pada Ruminansia .....	16
III.2.    Sistem Pengukuran .....	19
III.3.    Perhitungan Produksi Metana.....	23
III.4.    Sensor Metana TGS2600 .....	27
III.5.    Sensor Suhu, Kelembapan, dan Tekanan BME280 .....	29
III.6.    Mikrokontroler.....	32
III.7.    Manajemen Daya .....	34
III.8.    Baterai .....	39
III.9.    MAPE ( <i>Mean Absolute Percentage Error</i> ) .....	39
III.10.    RMSE ( <i>Root Mean-Square Error</i> ) .....	40
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN .....	42



IV. 1.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
IV. 2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	42
IV. 3.	Tata Laksana Penelitian .....	48
IV.3.1.	Studi Literatur .....	49
IV.3.2.	Penentuan Tuntutan Desain.....	49
IV.3.3.	Perancangan Sistem .....	50
IV.3.4.	Pembangunan Sistem .....	58
IV.3.5.	Pengujian Sistem.....	67
IV.3.6.	Analisis Hasil .....	75
IV.3.7.	Pembuatan Kesimpulan.....	76
IV.3.8.	Pembuatan Laporan.....	76
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	77
V. 1.	Akuisisi Data Sensor BME280.....	77
V.1. 1.	Pengukuran Suhu Sensor BME280.....	77
V.1. 2.	Pengukuran Kelembapan Sensor BME280.....	79
V.1. 3.	Pengukuran Tekanan Sensor BME280 .....	81
V. 2.	Akuisisi Data Sensor TGS2600.....	83
V. 3.	Analisis Produksi Metana.....	91
V. 4.	Analisis Sistem Mandiri Energi .....	93
V. 5.	Operasi dan Pemeliharaan .....	96
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN .....	99
VI.1.	Kesimpulan .....	99
VI.2.	Saran .....	100
DAFTAR PUSTAKA	.....	101
LAMPIRAN	.....	104
LAMPIRAN A	.....	104
LAMPIRAN B	.....	109
LAMPIRAN C	.....	113
LAMPIRAN D	.....	116
LAMPIRAN E	.....	118



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Emisi metana berdasarkan sektor [3] .....	1
Gambar 1. 2. Profil emisi metana berdasarkan aktivitas [4] .....	2
Gambar 2.1. Skema sistem pemantauan metana [12] .....	7
Gambar 2. 2. Instalasi sistem pemantauan metana [12] .....	8
Gambar 3.1. Pencernaan kambing tampak kiri [14] .....	16
Gambar 3.2. Lambung kambing [14] .....	17
Gambar 3.3. Proses fermentasi enterik ruminansia [14] .....	18
Gambar 3.4. Proses akuisisi data [18] .....	19
Gambar 3.5. Kalibrasi alat ukur [19] .....	21
Gambar 3.6. Modifying input [19] .....	22
Gambar 3.7. Interfering input [19] .....	23
Gambar 3.8. Grafik faktor kompresibilitas [23] .....	25
Gambar 3.9. Skema sensor MOS di udara bersih [24] .....	27
Gambar 3.10. Skema sensor MOS ketika terdapat gas pereduksi [24] .....	28
Gambar 3.11. Grafik karakteristik sensitivitas [25] .....	29
Gambar 3.12. Diagram blok BME280 [26] .....	30
Gambar 3.13. Skema mikrokontroler [27] .....	32
Gambar 3.14. Blok diagram mikrokontroler [27] .....	33
Gambar 3.15. Skema Arduino Nano [28] .....	34
Gambar 3.16. Konfigurasi off-grid [32] .....	35
Gambar 3.17. Konfigurasi on-grid [32] .....	36
Gambar 3.18. Blok diagram panel surya [32] .....	37
Gambar 4.1. Laboratorium Sensor dan Sistem Telekontrol .....	42
Gambar 4. 2. Diagram alir penelitian .....	48
Gambar 4. 3. Diagram blok sistem .....	50
Gambar 4. 4. Diagram blok event-driven .....	52
Gambar 4. 5. Rangkaian skematik sistem .....	52
Gambar 4. 6. Desain PCB pada aplikasi Kicad .....	53
Gambar 4. 7. Diagram alir sistem .....	54
Gambar 4. 8. Diagram alir sub-program <b>tampilan()</b> .....	55
Gambar 4. 9. Diagram alir sub-program <b>sensorGas()</b> .....	56
Gambar 4. 10. Diagram alir sub-program <b>sensorLingkungan()</b> .....	57
Gambar 4. 11. Diagram alir sub-program <b>simpan()</b> .....	57
Gambar 4. 12. Pengukuran sampel kambing .....	59
Gambar 4. 13. Desain headbox sesuai pengukuran sampel kambing .....	60
Gambar 4. 14. Alat pemantauan emisi metana hewan ruminansia .....	61
Gambar 4. 15. Rangkaian pada panel kendali .....	61
Gambar 4. 16. Jalur pembacaan konsentrasi metana .....	62
Gambar 4.17. Bagian dalam headbox .....	62
Gambar 4. 18. Deklarasi pustaka BME280 .....	63



Gambar 4. 19. Definisi parameter terukur BME280 .....	63
Gambar 4. 20. Kode pembacaan parameter BME280.....	64
Gambar 4. 21. Parameter awal TGS2600.....	65
Gambar 4. 22. Kode pembacaan sinyal analog .....	66
Gambar 4. 23. Kode pembacaan nilai konsentrasi dalam ppm .....	66
Gambar 4. 24. Prosedur pengujian BME280 parameter suhu dan kelembapan....	67
Gambar 4. 25. Prosedur pengujian BME280 parameter tekanan.....	68
Gambar 4. 26. Skema penyusunan BME280 dan MASTECH MS6300.....	69
Gambar 4. 27. Tata laksana pengujian TGS2600 .....	70
Gambar 4. 28. Uji selektivitas metana TGS2600.....	71
Gambar 4. 29. Uji selektivitas karbondioksida TGS2600 .....	72
Gambar 4. 30. Skema komparasi antara TGS2600 dan Habotest HT601 .....	73
Gambar 4. 31. Uji dependensi lingkungan sensor TGS2600 dengan BME280....	74
Gambar 4. 32. Skema pengujian lapangan.....	74
Gambar 4. 33. Uji lapangan produksi metana pada kambing Saanen.....	75
Gambar 5.1. Grafik komparasi suhu BME280 vs MASTECH MS6300 .....	77
Gambar 5.2. Grafik kalibrasi suhu BME280 .....	78
Gambar 5.3. Grafik komparasi kelembapan BME280 vs MASTECH MS6300 ..	80
Gambar 5.4. Grafik kalibrasi kelembapan BME280.....	80
Gambar 5.5. Grafik komparasi tekanan BME280 vs Stamet YIA .....	82
Gambar 5.6. Grafik kalibrasi tekanan BME280.....	82
Gambar 5.7. Grafik respon tegangan TGS2600 terhadap metana .....	84
Gambar 5.8. Grafik respon resistansi TGS2600 terhadap metana .....	84
Gambar 5.9. Grafik respon tegangan TGS2600 terhadap karbondioksida .....	85
Gambar 5.10. Grafik respon resistansi TGS2600 terhadap karbondioksida .....	85
Gambar 5.11. Grafik korelasi resistansi ( $R_s/R_0$ ) terhadap konsentrasi (ppm) .....	86
Gambar 5.12. Grafik komparasi TGS2600 vs Habotest HT601 .....	88
Gambar 5.13. Grafik kalibrasi TGS2600 .....	88
Gambar 5.14. Grafik dependensi suhu sensor TGS2600 .....	89
Gambar 5.15. Grafik dependensi kelembapan sensor TGS2600 .....	90
Gambar 5.16. Perbandingan emisi kambing beberapa sampel .....	92



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perbandingan metode perhitungan metana [6].....	5
Tabel 2. 2. Hasil percobaan sensor MQ4 dan TGS2611 [13] .....	8
Tabel 2. 3. Tabel penelitian terdahulu.....	9
Tabel 4.1. Alat penelitian .....	43
Tabel 4.2. Bahan penelitian.....	45
Tabel 5.1. Tabel perhitungan galat parameter suhu .....	79
Tabel 5.2. Tabel perhitungan galat parameter kelembapan .....	81
Tabel 5.3. Tabel perhitungan galat parameter tekanan .....	83
Tabel 5.4. Tabel perhitungan galat parameter konsentrasi .....	89
Tabel 5.5. Tabel hasil uji lapangan .....	92
Tabel 5.6. Tabel perhitungan pembebanan panel surya.....	93
Tabel 5. 7. Tabel langkah pemeliharaan sistem .....	97

