

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Process Flow Diagram Sistem .....	14
Gambar 1.2. P&ID Sistem .....	14
Gambar 1.3. Diagram Alir Pengujian Filter dengan Parameter Penurunan Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> . .....	18
Gambar 1.4. Diagram Alir Pengujian Sensor pada <i>chamber</i> dengan Kalibrator.....	18
Gambar 1.5. Diagram Alir Pengujian Sensor Di Dalam Ruang Laboratorium Material .....	18
Gambar 1.6. Roadmap purwarupa Air purifier dengan Sensor CO <sub>2</sub> berbasis Metal Organic Framework (MOF) dan Filter Zeolite Molecular Sieve 13X Hp 0,4-0,8 Oxygen Concentrator .....	18
Gambar 2.1. (a) Struktur Zeolit, (b) Framework of Zeolite.....	22
Gambar 2.2. Karakteristik ZAA Dalam Mengikat gas CO <sub>2</sub> .....	23
Gambar 2.3. (a) MIL-101(Cr) (b) MIL-100(Cr) .....	24
Gambar 2.4. Skema Adsorpsi Gas dalam Kerangka MOF Fleksibel Berdasarkan Fenomena Pembukaan Pori dan Tekanan Spesifik Gas .....	24
Gambar 3.1. Process Flow Diagram pada Sistem yang Dikembangkan.....	35
Gambar 3.2. P&ID Sistem yang Dikembangkan .....	35
Gambar 3.3. Tahapan Perancangan pada Sistem yang Dikembangkan.....	36
Gambar 3.4. Rancangan Desain Purwarupa <i>Air Purifier</i> (a) Isometri, (b) Tampak Depan dan, (c) Belakang Purwarupa <i>Air Purifier</i> .....	39
Gambar 3.5. Bagan Dalam Purwarupa <i>Air Purifier</i> .....	39
Gambar 3.6. Desain <i>Filter</i> Puwarupa <i>air purifier Zeolite Molecular Sieve 13X HP 0,4-0,8 Oxygen Concentrator</i> . .....	41
Gambar 3.7. Desain <i>Layer Filter Zeolite Molecular Sieve 13X HP 0,4-0,8 Oxygen Concentrator</i> .....	41
Gambar 3.8. Alur Kerja <i>Filter</i> Puwarupa <i>Air Purifier Zeolite Molecular Sieve 13X HP 0,4-0,8 Oxygen Concentrator</i> . .....	42
Gambar 3.9. Desain Luaran Sensor Gas CO <sub>2</sub> .....	43

Gambar 3.10. Rencana Desain Modifikasi <i>Sensing element</i> MQ-135 [6].....	43
Gambar 3.11. Desain IE <i>Sensing element</i> dan Skematik Sensor .....	44
Gambar 3.12. Desain dan Skematik Heater .....	44
Gambar 3.13. Rangkaian Koneksi Sensor Gas CO <sub>2</sub> Berbasis MOF dengan Display LCD.....	47
Gambar 3.14. Rangkaian Koneksi Sensor Kalibrator Gas CO <sub>2</sub> MHZ-14A.....	47
Gambar 3.15. Diagram Alir Sensor Gas CO <sub>2</sub> Berbasis MOF dengan Display LCD.....	48
Gambar 3.16. Proses <i>Slip Casting</i> [12].....	49
Gambar 3.17. Alat <i>Ball Milling</i> .....	49
Gambar 3.18. (A) Campuran Basah <i>Filter</i> (B) Proses Mixing dengan <i>Magnetic Stirrer</i> .....	50
Gambar 3.19. Bentuk Kasa Hidrofilik yang Ditempelkan Diatas Aluminium Foil.....	51
Gambar 3.20. (A) Sebelum Pengolesan Campuran Basah Pada Kasa (B) Setelah Pengolesan Campuran Basah Pada Kasa. ....	51
Gambar 3.21. <i>Filter Zeolite</i> Sebelum Dikeringkan .....	52
Gambar 3.22. <i>Filter Zeolite</i> Setelah Dikeringkan .....	52
Gambar 3.23. Alur Proses Pengujian Efektivitas <i>Filter Zeolite Molecular Sieve</i> 13x HP 0,4-0,8 <i>Oxygen Concentrator</i> . ....	54
Gambar 3.24. Pengujian Efektivitas <i>Filter Zeolite Molecular Sieve</i> 13x HP 0,4-0,8 <i>Oxygen Concentrator</i> di laboratorium. ....	54
Gambar 3.25. Proses Kalibrasi Sensor Gas CO <sub>2</sub> .....	55
Gambar 3.26. Proses Fabrikasi sampel MOF .....	56
Gambar 3.27. Proses deposisi sampel diatas elektroda dan PCB .....	56
Gambar 3.28. <i>Flowchart</i> Pengujian Sensor CO <sub>2</sub> berbasis MOF .....	57
Gambar 3.29. Skema Pengujian <i>microSD Card Adapter</i> .....	57
Gambar 3.30. Skema Pengujian <i>RTC</i> .....	58
Gambar 3.31. Skema Pengujian LCD.....	58
Gambar 3.32. Skema pengujian ThingSpeak.....	58
Gambar 3.33. Skema Pengujian <i>Quality of Service</i> .....	60
Gambar 3.34. Langkah – Langkah Pembuatan Produk. ....	61

Gambar 4.1. Alur Kerja Sensor Gas Berbasis CO <sub>2</sub> MOF .....	64
Gambar 4.2. Grafik Pengujian Kalibrasi (a) Perbandingan Kalibrator dengan Sensor MHZ-14A (b) Dua Sensor MHZ-14A dalam Chamber .....	65
Gambar 4.3. Grafik Pengujian Kalibrasi Dua Sensor MHZ-14A di dalam Ruangan.....	65
Gambar 4.4. (a) Implementasi Heater, (b) Skematik Pengujian Heater, ( c ) Pengujian Heater	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.5. Proses Fabrikasi sampel MOF .....	67
Gambar 4.6. Proses deposisi sampel diatas elektroda dan PCB .....	67
Gambar 4.7. <i>Interdigitated Electrode</i> (IE) yang telah dibuat pada substrat Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	68
Gambar 4.8. Hasil Fabrikasi Sampel MIL-100 (Cr) dan MIL-101 (Cr).....	68
Gambar 4.9. Sampel MIL-100 (Cr) dan MIL-101 (Cr) pada substrat SiO <sub>2</sub> , (a) 5% MIL-101 (Cr) : 95% ZAA, (b) 30% MIL-100 (Cr) : ZAA 70%, (c) 10% MIL-100 (Cr : 90% ZAA, (d) 70% MIL-101 (Cr) : 30% ZAA .....	68
Gambar 4.10. Sampel MIL-100 (Cr) dan MIL-101 (Cr) pada substrat Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , (a) 30% MIL-100 (Cr) : ZAA 70%, (b) 10% MIL-100 (Cr : 90% ZAA, (c) 5% MIL-101 (Cr) : 95% ZAA, (d) 70% MIL-101 (Cr) : 30% ZAA .....	69
Gambar 4.11. Citra Mikroskop Bahan MIL-100(Cr) 10% : ZAA 90% dan MIL-100(Cr) 30% : ZAA 70% .....	69
Gambar 4.12. Citra Mikroskop Bahan MIL-101(Cr) 5% : ZAA 95% dan MIL-100(Cr) 70% : ZAA 30% .....	70
Gambar 4.13. Grafik Resistivitas MOF MIL-101 (Cr) 70% : ZAA 30%.....	74
Gambar 4.14. (A) Tampak Samping Sensing Layer, (B) Tampak Atas Sensing Layer berbasis MOF 70 % MIL-101 (Cr) : 30% ZAA .....	75
Gambar 4.15. (a) Tampak Atas , (b) Tampak Samping, dan (c) Tampak Depan Bentuk Sensor CO <sub>2</sub> berbasis MOF 70 % MIL-101 (Cr) : 30% ZAA .....	75
Gambar 4.16. Pembacaan Konsentrasi CO <sub>2</sub> pada Ruangan MIL-101 (Cr) 70% : ZAA 30% menggunakan Heater (a) ADC dan (b) PPM.....	75
Gambar 4.17. Perbandingan nilai (a) PPM 70 % MIL-101 (Cr) : 30% ZAA dan MHZ-14A dan (b) ADC 70 % MIL-101 (Cr) : 30% ZAA dan MHZ-14A di ruangan.....	76

Gambar 4.18. Perbandingan nilai (a) PPM 70 % MIL-101 (Cr) : 30% ZAA dan MHZ-14A dan (b) ADC 70 % MIL-101 (Cr) : 30% ZAA dan MHZ-14A saat diberi CO <sub>2</sub> .....	77
Gambar 4.19. Alur Kerja <i>Filter Zeolite Purwarupa Air purifier</i> .....	78
Gambar 4.20. Bentuk Layer 2 <i>Filter Zeolite</i> Sampel C.....	84
Gambar 4.21. Hasil Pengujian Layer 2 <i>Filter Zeolite</i> Sampel C.....	84
Gambar 4.22. Hasil Persentase Penurunan Pengujian Layer 2 <i>Filter Zeolite</i> Sampel C.....	85
Gambar 4.23. Alur kerja subsistem pengiriman, penyimpanan, dan penampilan data.....	86
Gambar 4.24. Tampilan pada serial monitor pengujian Micro SD Card .....	88
Gambar 4.25. Grafik data konsentrasi CO <sub>2</sub> yang disimpan pada Micro SD Card.....	88
Gambar 4.26. Tampilan pada serial monitor pengujian RTC DS3231 .....	89
Gambar 4.27. Tampilan pada display LCD .....	89
Gambar 4.28. Tampilan Konsentrasi CO <sub>2</sub> pada <i>ThingSpeak</i> .....	90
Gambar 4.29. Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> yang Tersimpan Pada <i>Cloud ThingSpeak</i> .....	90
Gambar 4.30. Data pada Wireshark untuk perhitungan delay .....	91
Gambar 4.31. Bagian Capture File Properties pada Wireshark untuk mengetahui parameter QoS. ....	92
Gambar 4.32.(a) Rangkaian skematik integrasi sistem pengiriman, penyimpanan, dan penampilan data. (b) Desain PCB integrasi sistem pengiriman, penyimpanan, dan penampilan data. (c) Rangkaian komponen integrasi sistem pengiriman, penyimpanan, dan penampilan data.....	93
Gambar 4.33. Tampilan Data Hasil Pembacaan Sensor pada Platform <i>ThingSpeak</i> .....	94
Gambar 4.34. Tampilan Pada LCD 3 Detik Pertama.....	94
Gambar 4.35. Tampilan Pada LCD 2 Detik Berikutnya.....	94
Gambar 4.36. (a) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> Tanpa Filter yang Tersimpan Pada SD Card dan (b) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> Tanpa Filter yang Tersimpan Pada <i>Cloud ThingSpeak</i> .....	96
Gambar 4.37. Pengintegrasian sistem penyimpanan, pengiriman, dan penampilan data. ....	97
Gambar 4. 38. Kerangka <i>Air purifier</i> .....	100

Gambar 4.39. Sensor CO <sub>2</sub> Berbasis MOF .....	100
Gambar 4.40. Bagian <i>Filter</i> pada <i>Air Purifier</i> .....	101
Gambar 4.41. Subsistem pengiriman, penyimpanan, dan penampilan data pada <i>Air Purifier</i> <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Gambar 4.42. (a) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> dengan Fiter Zeolite 7 gram yang Tersimpan Pada SD Card dan (b) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> dengan Filter Zeolite 7 gram yang Tersimpan Pada <i>Cloud ThingSpeak</i> .....	102
Gambar 4.43. (a) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> Dengan Integrasi Keseluruhan Filter yang Tersimpan Pada Micro SD Card dan (b) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> Dengan Keseluruhan Filter yang Tersimpan Pada <i>Cloud ThingSpeak</i> .....	104
Gambar 5.1. Diagram blok proses pengujian validitas data .....	108
Gambar 5.2. Digram blok proses pengujian data loss .....	108
Gambar 5.3. (a) Grafik Data yang Tersimpan Pada SD Card dan (b) Grafik Data yang Tersimpan Pada <i>Cloud ThingSpeak</i> .....	109
Gambar 5.4. (a) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> Dengan Filter Zeolite 7 gram yang Tersimpan Pada SD Card dan (b) Grafik Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> Dengan Filter Zeolite 7 gram yang Tersimpan Pada <i>Cloud ThingSpeak</i> .....	110