

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Perbandingan Kelembapan, PM _{2.5} , dan CO ₂	2
Gambar 1. 2 Sistem Sampling Saat Kolokasi	6
Gambar 1. 3 Kurva Kecepatan Angin Saat Periode Kolokasi Bulan Agustus	7
Gambar 1. 4 Kondisi Isokinetic (representatif)	12
Gambar 1. 5 Kondisi Under-Sampling ($W > V$) dan Kondisi Over-Sampling ($W < V$)	13
Gambar 2. 1 TEC1-12706.....	16
Gambar 2. 2 Komponen Peltier TEC1-12706	17
Gambar 2. 3 Heater.....	17
Gambar 2. 4 Mosfet IRLZ44N	18
Gambar 2. 5 Relay	19
Gambar 2. 6 Gambar Pompa (kiri : Pompa Aerator AC, kanan : Pompa DC).....	21
Gambar 2. 7 Servo Tower Pro MG995.....	22
Gambar 2. 8 Mini Ball Valve	22
Gambar 2. 9 Rotameter.....	23
Gambar 2. 10 Sensor PM _{2.5} SKU:SEN0460.....	24
Gambar 2. 11 Cara Kerja Sensor PM _{2.5} SKU:SEN0460	24
Gambar 2. 12 Sensor CO ₂ SKU:SEN0219	26
Gambar 2. 13 Cara kerja Sensor CO ₂ SKU:SEN0219	26
Gambar 2. 14 Sensor DHT22	28
Gambar 2. 15 Sensor MPS20N0040D dan Modulnya yang terintegrasi dengan HX710	29
Gambar 2. 16 Sensor Anemometer JL-FS2.....	30
Gambar 2. 17 Sensor Anemometer JL-FS2.....	31
Gambar 2. 18 Mikrokontroler ESP32	33
Gambar 3. 1 Shelter Ukur.....	45
Gambar 3. 2 Simulasi Persebaran Partikulat	53
Gambar 3. 3 Grafik Pesebaran Parameter Fisis	53
Gambar 3. 4 Desain Chamber.....	55
Gambar 3. 5 Blok Diagram Pengondisi Kelembapan.....	56
Gambar 3. 6 Blok Diagram Pengondisi Aliran Udara.....	57

Gambar 3. 7 Flowchart Chamber Ukur	57
Gambar 3. 8 Diagram Block Pengondisi Kelembapan	58
Gambar 3. 9 Flowchart Pengondisi Kelembapan	59
Gambar 3. 10 Diagram Blok Pengondisi Aliran Udara Inlet.....	60
Gambar 3. 11 Flowchart Pengondisi Aliran Udara	61
Gambar 3. 12 Chamber Ukur.....	62
Gambar 3. 13 Desain PCB Sistem Pengondisi Kecepatan aliran udara	62
Gambar 3. 14 Desain PCB Sistem Pengukuran & Pengondisi Kelembapan.....	63
Gambar 3. 15 Flowchart Cleaning Data Konsentrasi CO ₂	64
Gambar 3. 16 Flowchart Cleaning Data Konsentrasi PM _{2.5}	65
Gambar 3. 17 Pengiriman Data	66
Gambar 3. 18 Skema Kalibrasi	67
Gambar 3. 19 Diagram Blok Kalibrasi	67
Gambar 3. 20 Setup Kalibrasi Sensor Wind Speed	69
Gambar 3. 21 Setup Kalibrasi Sensor DHT22.....	69
Gambar 4. 1 Proses Pengondisi Kelembapan	78
Gambar 4. 2 Proses Heating and dehumidification	79
Gambar 4. 3 Kalibrasi DHT22 di dalam Chamber	79
Gambar 4. 4 Kalibrasi DHT22 di luar Chamber.....	80
Gambar 4. 5 Skema Pengondisi Kelembapan.....	81
Gambar 4. 6 Grafik Data Input dan Output	82
Gambar 4. 7 Pemodelan Oleh Matlab.....	82
Gambar 4. 8 Tuning PID Oleh Matlab	83
Gambar 4. 9 Pra Pengujian Pagi Hari	84
Gambar 4. 10 Pra Pengujian Siang Hari	85
Gambar 4. 11 Pra Pengujian Sore Hari.....	86
Gambar 4. 12 Pra Pengujian Malam Hari.....	87
Gambar 4. 13 Skema Pengukuran dan Kontrol Debit Pompa	88
Gambar 4. 14 Kurva Hubungan Tekanan Udara dan Debit Udara.....	90
Gambar 4. 15 Kurva Pengukuran Debit Aliran Udara	91
Gambar 4. 16 Model Kurva Transfer Sistem Pengukuran Aliran Udara	91
Gambar 4. 17 Fungsi Transfer Dari Pemodelan Kurva Sistem	92

Gambar 4. 18 Hasil Tuning PID dengan bantuan MATLAB	92
Gambar 4. 19 Skema Pengondisi Aliran Debit Pompa.....	93
Gambar 4. 20 Hasil housing	93
Gambar 4. 21 Hasil Konversi Tegangan – Kecepatan Angin.....	94
Gambar 4. 22 Hasil Uji Pra-Pengukuran Debit Pompa	95
Gambar 4. 23 Pra-Pengujian Kontrol Debit Pompa (Set Point: 4 lpm).....	96
Gambar 4. 24 Pra-Pengujian Kontrol Debit Pompa (Set Point: 9 lpm).....	97
Gambar 4. 25 Pra-Pengujian Kontrol Debit Pompa (Set Point: 13 lpm).....	98
Gambar 4. 26 Pra-Pengujian Kontrol Debit Pompa (Sinusiodal).....	99
Gambar 4. 27 Pra-Pengujian di Luar Ruangan	100
Gambar 4. 28 Pra-Pengujian Sensor Wind Speed	102
Gambar 4. 29 Skema Kalibrasi CO ₂ dan PM _{2.5}	103
Gambar 4. 30 Grafik Kalibrasi Sensor PM _{2.5}	107
Gambar 4. 31 Grafik Kalibrasi Sensor CO ₂	109
Gambar 4. 32 Hasil Pengiriman Dalam Format JSON.....	110
Gambar 5. 1 Lokasi Gedung Deli	117
Gambar 5. 2 Posisi Alat di Rooftop Gedung Deli	118
Gambar 5. 3 Foto Alat di Rooftop Gedung Deli	118
Gambar 5. 4 Grafik Kelembapan Ambient selama 8 hari	121
Gambar 5. 5 Posisi Komponen Pengondisi Kelembapan	122
Gambar 5. 6 Grafik Pengukuran Kelembapan Selama Delapan Hari	123
Gambar 5. 7 Grafik wind speed 17/12/2024 s/d 24/12/2024.....	124
Gambar 5. 8 Grafik wind speed 30/01/2025 s/d 31/01/2025.....	125
Gambar 5. 9 Grafik wind speed 01/02/2025 s/d 08/02/2025.....	125
Gambar 5. 10 Penempatan Setiap Komponen Pada Sistem Pengondisi Kecepatan aliran udara.....	126
Gambar 5. 11 Grafik Rata-Rata Debit Set Point dan Actual Point Selama 8 Hari.....	127
Gambar 5. 12 Box Plot Konsentrasi CO ₂ Per-8 jam (2024-17-12 – 2025-01-01).....	129
Gambar 5. 13 Box Plot Konsentrasi CO ₂ Per-8 jam (2025-01-01 – 2025-01-24)	129
Gambar 5. 14 Nilai Rata-Rata konsentrasi CO ₂ Per jam (2024-17-12 – 2025-01-01) ...	130
Gambar 5. 15 Nilai Rata-Rata konsentrasi CO ₂ Per jam (2024-12-31 – 2025-02-09) ..	130
Gambar 5. 16 Grafik Debit Set Point dan Actual Point Dengan Nilai Maksimum	136

Gambar 5. 17 Grafik Debit Set Point dan Actual Point Periode 30/01/2025 s/d 31/01/2025	137
Gambar 5. 18 Grafik Debit Set Point dan Actual Point Periode 01/02/2025 s/d 08/02/2025	138
Gambar 5. 19 Perbandingan PM _{2.5} Dan Kelembapan Terkondisi Dengan Tidak Terkondisi	141
Gambar 5. 20 Perbandingan PM _{2.5} Dan Kelembapan Terkondisi Dengan Tidak Terkondisi	142