

Sistem Pemantauan Suhu dan Aktivasi Cooler Otomatis Berbasis Internet of Things pada Ruang Kelas

Immanuel Hiskia Wagey¹, Arif Tegar Elgifari Arbie², Kristofel Santa^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Minahasa, Indonesia

Author Email: immanuelwageyy@gmail.com¹, riffmeup@gmail.com², kristofelsanta@unima.ac.id^{3*}

Abstrak. Perubahan suhu pada ruang kelas yang tidak menentu sering menyebabkan kondisi belajar menjadi kurang nyaman dan menurunkan efektivitas pembelajaran. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan suhu ruangan berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 dan platform ThingSpeak. Sensor suhu terpasang mengirimkan data secara real time ke ThingSpeak untuk ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Selain itu, sistem dirancang untuk mengaktifkan cooler secara otomatis ketika suhu ruangan melewati batas yang telah ditentukan, guna menjaga kenyamanan belajar dan meningkatkan efisiensi energi. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian lapangan, serta analisis data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu membaca suhu dengan baik, data dapat dikirim ke ThingSpeak secara real time, dan cooler dapat bekerja secara otomatis sesuai perubahan suhu ruangan. Implementasi sistem ini menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat diterapkan secara efektif dalam pengelolaan ruang kelas yang lebih cerdas dan efisien.

Kata kunci: ESP32, Internet of Things, Pemantauan Suhu, Cooler Otomatis, Ruang Kelas

1. PENDAHULUAN

Perubahan suhu yang semakin tidak menentu menjadi salah satu fenomena yang terasa nyata dalam kehidupan sehari-hari, terutama pada lingkungan belajar seperti ruang kelas. Di wilayah tropis seperti Indonesia, suhu ruangan dapat meningkat dengan cepat akibat paparan sinar matahari, ventilasi yang kurang ideal, serta kepadatan aktivitas di dalam kelas. Kondisi semacam ini seringkali membuat ruang belajar menjadi pengap dan tidak nyaman, sehingga berpotensi menurunkan konsentrasi belajar mahasiswa maupun efektivitas pengajar dalam menyampaikan materi. Pada era digital saat ini, kemampuan memantau kondisi lingkungan secara akurat dan real time semakin dibutuhkan untuk menunjang lingkungan belajar yang kondusif.

Namun pada kenyataannya, sebagian besar ruang kelas masih belum dilengkapi dengan perangkat yang mampu memantau suhu secara berkelanjutan. Pendingin udara atau kipas angin umumnya masih dioperasikan secara manual tanpa mempertimbangkan kondisi suhu aktual dalam ruangan. Akibatnya, perangkat pendingin dapat dinyalakan meskipun suhu belum terlalu tinggi, atau sebaliknya, dibiarkan mati padahal kondisi ruangan sudah terasa panas. Efisiensi energi pun sulit dicapai karena penggunaan cooler tidak berpatokan pada data nyata, bagaimana suhu ruangan berubah seiring waktu, sehingga sulit untuk meninjau berbagai tantangan tersebut, penelitian ini menawarkan suatu pendekatan dengan memanfaatkan ESP32 yang dikombinasikan dengan platform ThingSpeak untuk memantau suhu ruangan kelas secara real time [1], [2], [3]. Sensor suhu yang terpasang akan mengirimkan data ke ThingSpeak sehingga dapat diakses melalui internet dalam bentuk grafik maupun data mentah. Informasi ini dapat dipantau kapan saja dan dari mana saja. Selain itu, ketika suhu ruangan melewati ambang batas yang telah ditentukan, cooler dapat diaktifkan secara otomatis guna membantu menurunkan suhu sehingga ruang kelas tetap berada pada kondisi yang nyaman. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan menjaga kenyamanan belajar, tetapi juga mendorong penggunaan energi secara lebih efisien dan tepat guna. Diharapkan, implementasi teknologi ini dapat menjadi langkah kecil menuju pengelolaan ruang kelas yang lebih cerdas, modern, dan ramah energi. Metode penelitian meliputi perancangan jaringan, instalasi Arduino IDE dan Blynk, konfigurasi perangkat NodeMCU, serta perakitan sensor dan solid state relay sebagai pengendali lampu dan kipas. Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap komponen input dan output bekerja sesuai fungsinya, termasuk pengujian koneksi Wi-Fi, pembacaan sensor DHT11, serta kendali otomatis berdasarkan suhu yang ditetapkan [4].

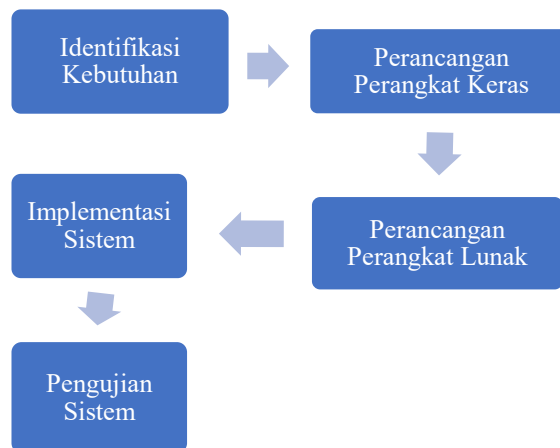
Merancang sebuah sistem pemantau kenyamanan ruang kelas berbasis Internet of Things untuk mengukur suhu, kelembaban, cahaya, serta suara menggunakan sensor yang terhubung pada Arduino Mega 2560 dan

dikirimkan keplatform Thingspeak. Data yang dikumpulkan kemudian dikelompokkan menggunakan algoritma K-Means untuk membentuk tiga cluster yang mencerminkan kondisi kenyamanan ruang kelas.[5]

Penelitian menggunakan pendekatan rancang bangun yang dimulai dari penyusunan prosedur perancangan, arsitektur sistem, serta flowchart. Pengumpulan informasi dilakukan melalui observasi lapangan dan studi literatur. Sistem dibentuk dari beberapa komponen inti seperti sensor, modul ESP32, LCD, halaman web pemantauan, dan bot notifikasi. Implementasi dilakukan melalui pemrograman ESP32 dan pengujian fisik untuk memastikan seluruh perangkat bekerja sesuai rancangan [6]. Penelitian ini menjelaskan bahwa plant factory merupakan inovasi teknologi pertanian yang mampu mengatasi penurunan produktivitas akibat menyusutnya lahan pertanian. Konsep plant factory menekankan pentingnya pengendalian lingkungan secara menyeluruh, sehingga faktor suhu dan kelembaban udara harus dimonitor secara realtime menggunakan teknologi IoT dengan memanfaatkan,konektivitas internet dalam proses transmisi data. Sistem yang dikembangkan menggunakan Arduino Nano untuk membaca sensor DHT22 dan ESP32 untuk mengirimkan data secara online ke server Blynk agar dapat diakses melalui smartphone. Selain melakukan pemantauan, ESP32 juga berfungsi sebagai pengendali otomatis kelembaban dan pengatur suhu AC dari jarak jauh [7]. Metode yang digunakan mencakup perancangan sistem mulai dari analisis kebutuhan, pembuatan diagram arsitektur, perancangan rangkaian fisik, implementasi perangkat keras, hingga pengembangan perangkat lunak berbasis IoT. Sensor DHT22 dihubungkan ke ESP32 untuk membaca suhu dan kelembaban, kemudian data dikirimkan ke platform Thingier.io melalui WiFi, sementara bot Telegram disiapkan untuk mengirimkan notifikasi ketika nilai yang terukur keluar dari rentang normal. Proses kerja sistem digambarkan melalui flowchart yang menjelaskan alur pembacaan sensor, pengiriman data ke cloud, serta respon perangkat terhadap kondisi tertentu [8].

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk merancang dan menguji pemantauan suhu ruangan secara real time serta aktivasi *cooler* otomatis berbasis IoT. Adapun, tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

a. Identifikasi kebutuhan

Tahap pertama dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan sistem pemantauan suhu yang sederhana dan mudah diterapkan di ruangan kelas. Tahap ini dilakukan melalui observasi awal mengenai kondisi suhu ruangan dan bagaimana perangkat pendingin biasanya dioperasikan. Informasi tersebut menjadi dasar dalam menentukan spesifikasi alat, termasuk sensor suhu, perangkat pengendali, dan platform pemantauan data.

b. Perancangan perangkat keras

Tahap berikutnya adalah perancangan perangkat keras yang melibatkan pemilihan komponen utama seperti ESP32, DHT22, serta modul penggerak cooler. Proses ini mencakup penyusunan rangkaian, penataan komponen, dan penyambungan kabel agar perangkat dapat bekerja sesuai fungsi. Setelah rangkaian selesai, dilakukan pengujian awal untuk memastikan sensor dapat membaca suhu dengan akurat dan ESP32 dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi.

c. Perancangan perangkat lunak

Selanjutnya, dilakukan perancangan perangkat lunak, yang meliputi penulisan program untuk membaca data suhu dari sensor dan mengirimkannya ke platform ThingSpeak secara berkala. Data yang diterima di

ThingSpeak divisualisasikan dalam bentuk grafik sehingga memudahkan pemantauan. Selain itu, program juga dilengkapi logika untuk mengaktifkan cooler ketika suhu mencapai batas tertentu yang telah ditentukan. Proses pemrograman disertai uji coba berulang untuk memastikan data terkirim dengan baik dan pengaktifan cooler berjalan sesuai skenario.

d. Implementasi sistem

Tahap berikutnya adalah implementasi sistem di lingkungan ruangan kelas. Alat ditempatkan pada posisi strategis untuk menangkap suhu ruangan yang representatif. Selama proses implementasi sistem, suhu ruangan dipantau melalui ThingSpeak, sementara respons cooler diamati ketika suhu melebihi ambang batas. Proses implementasi sistem dilakukan pada beberapa kondisi waktu untuk melihat bagaimana perangkat merespons perubahan suhu yang berbeda. Data hasil pengamatan dicatat sebagai bahan analisis.

e. Pengujian sistem

Tahap terakhir adalah pengujian sistem yang difokuskan pada pengujian akurasi pembacaan sensor, keandalan pengiriman data ke ThingSpeak, serta efektivitas aktivasi cooler dalam menjaga suhu ruangan tetap nyaman. Data suhu yang terekam dianalisis untuk melihat pola perubahan suhu sebelum dan sesudah cooler aktif. Hasil analisis digunakan untuk menarik kesimpulan terkait kinerja perangkat dan potensi pengembangan lebih lanjut.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil

Bagian ini menyajikan hasil implementasi sistem pemantauan suhu dan aktivasi cooler otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang menggunakan ESP32, sensor suhu, modul kendali cooler, serta platform ThingSpeak sebagai media pemantauan data. Pengujian dilakukan secara bertahap untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai rancangan, mulai dari pembacaan sensor, pengiriman data ke thingspeak, hingga respons otomatis cooler berdasarkan perubahan suhu ruangan.

3.1.1 Hasil Identifikasi Kebutuhan

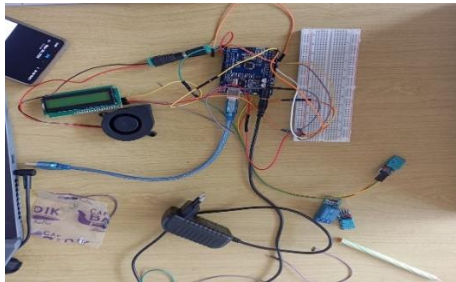
Berdasarkan hasil analisis dan identifikasi yang telah dilakukan, kebutuhan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut. Identifikasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh proses penelitian, mulai dari pengolahan data hingga implementasi sistem, dapat berjalan secara optimal dan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Identifikasi Kebutuhan

No	Nama	Keterangan
1	Perangkat Keras (Hardware)	ESP32 [9], [10] DHT22 [11] Driver Cooler [12] Kabel Jumper Koneksi Wi-Fi
2	Perangkat Lunak (Software)	Arduino IDE [13] Pemrograman pembacaan sensor Logika aktivasi cooler otomatis API ThingSpeak [14], [15] Pengiriman data real time Visualisasi grafik suhu Threshold-based control

3.1.2 Hasil Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

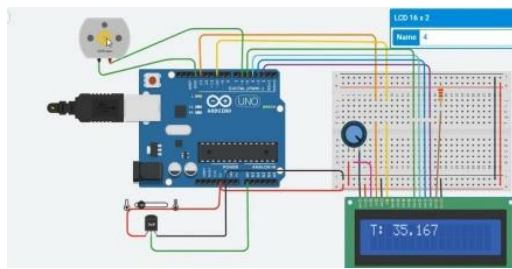
Perancangan perangkat keras (*hardware*) dimulai dengan merangkai sensor suhu ke ESP32, kemudian menghubungkannya dengan modul power adaptor sebagai pengendali cooler. Setelah proses perakitan selesai, sistem diuji untuk memastikan pembacaan sensor stabil dan tidak mengalami fluktuasi yang tidak wajar. Selanjutnya, sistem dikonfigurasi untuk mengirimkan data suhu ke platform ThingSpeak secara real time agar dapat dipantau dari jarak jauh melalui grafik maupun data berupa angka.



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

3.1.3 Hasil Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada proses perancangan perangkat lunak (software), dilakukan pemrograman untuk mengatur interval pengiriman data serta logika otomatisasi cooler. Ketika suhu terdeteksi melebihi ambang batas, perangkat akan mengaktifkan cooler, dan kembali memamatkannya apabila suhu turun ke nilai normal. Seluruh proses respons ini diamati langsung melalui indikator fisik pada alat serta melalui perubahan grafik data di ThingSpeak. Dengan demikian, hasil pengujian tidak hanya menilai akurasi sensor, tetapi juga menilai keandalan sistem dalam merespons kondisi suhu ruangan secara otomatis.



Gambar 3. Rangkaian Sistem Monitoring Suhu

Gambar 3 di atas menampilkan rangkaian sistem monitoring suhu menggunakan Arduino Uno, sensor suhu, potensiometer, dan LCD 16×2. Sensor suhu terhubung ke pin analog Arduino untuk membaca nilai temperatur, sementara potensiometer digunakan sebagai pengatur kontras tampilan pada LCD. Data suhu yang terdeteksi ditampilkan secara real time pada modul LCD 16×2 melalui koneksi digital sesuai jalur kabel pada breadboard.

```

#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SIM800L.h>

// Pin konfigurasi
#define LCD_RS 12
#define LCD_EN 11
#define LCD_D4 5
#define LCD_D5 6
#define LCD_D6 7
#define LCD_D7 8
#define LCD_D8 9
#define LCD_D9 10
#define LCD_D10 13
#define LCD_D11 14
#define LCD_D12 15
#define LCD_D13 16
#define LCD_D14 17
#define LCD_D15 18
#define LCD_D16 19
#define LCD_D17 20
#define LCD_D18 21
#define LCD_D19 22
#define LCD_D20 23
#define LCD_D21 24
#define LCD_D22 25
#define LCD_D23 26
#define LCD_D24 27
#define LCD_D25 28
#define LCD_D26 29
#define LCD_D27 30
#define LCD_D28 31
#define LCD_D29 32
#define LCD_D30 33
#define LCD_D31 34
#define LCD_D32 35
#define LCD_D33 36
#define LCD_D34 37
#define LCD_D35 38
#define LCD_D36 39
#define LCD_D37 40
#define LCD_D38 41
#define LCD_D39 42
#define LCD_D40 43
#define LCD_D41 44
#define LCD_D42 45
#define LCD_D43 46
#define LCD_D44 47
#define LCD_D45 48
#define LCD_D46 49
#define LCD_D47 50
#define LCD_D48 51
#define LCD_D49 52
#define LCD_D50 53
#define LCD_D51 54
#define LCD_D52 55
#define LCD_D53 56
#define LCD_D54 57
#define LCD_D55 58
#define LCD_D56 59
#define LCD_D57 60
#define LCD_D58 61
#define LCD_D59 62
#define LCD_D60 63
#define LCD_D61 64
#define LCD_D62 65
#define LCD_D63 66
#define LCD_D64 67
#define LCD_D65 68
#define LCD_D66 69
#define LCD_D67 70
#define LCD_D68 71
#define LCD_D69 72
#define LCD_D70 73
#define LCD_D71 74
#define LCD_D72 75
#define LCD_D73 76
#define LCD_D74 77
#define LCD_D75 78
#define LCD_D76 79
#define LCD_D77 80
#define LCD_D78 81
#define LCD_D79 82
#define LCD_D80 83
#define LCD_D81 84
#define LCD_D82 85
#define LCD_D83 86
#define LCD_D84 87
#define LCD_D85 88
#define LCD_D86 89
#define LCD_D87 90
#define LCD_D88 91
#define LCD_D89 92
#define LCD_D90 93
#define LCD_D91 94
#define LCD_D92 95
#define LCD_D93 96
#define LCD_D94 97
#define LCD_D95 98
#define LCD_D96 99
#define LCD_D97 100
#define LCD_D98 101
#define LCD_D99 102
#define LCD_D100 103
#define LCD_D101 104
#define LCD_D102 105
#define LCD_D103 106
#define LCD_D104 107
#define LCD_D105 108
#define LCD_D106 109
#define LCD_D107 110
#define LCD_D108 111
#define LCD_D109 112
#define LCD_D110 113
#define LCD_D111 114
#define LCD_D112 115
#define LCD_D113 116
#define LCD_D114 117
#define LCD_D115 118
#define LCD_D116 119
#define LCD_D117 120
#define LCD_D118 121
#define LCD_D119 122
#define LCD_D120 123
#define LCD_D121 124
#define LCD_D122 125
#define LCD_D123 126
#define LCD_D124 127
#define LCD_D125 128
#define LCD_D126 129
#define LCD_D127 130
#define LCD_D128 131
#define LCD_D129 132
#define LCD_D130 133
#define LCD_D131 134
#define LCD_D132 135
#define LCD_D133 136
#define LCD_D134 137
#define LCD_D135 138
#define LCD_D136 139
#define LCD_D137 140
#define LCD_D138 141
#define LCD_D139 142
#define LCD_D140 143
#define LCD_D141 144
#define LCD_D142 145
#define LCD_D143 146
#define LCD_D144 147
#define LCD_D145 148
#define LCD_D146 149
#define LCD_D147 150
#define LCD_D148 151
#define LCD_D149 152
#define LCD_D150 153
#define LCD_D151 154
#define LCD_D152 155
#define LCD_D153 156
#define LCD_D154 157
#define LCD_D155 158
#define LCD_D156 159
#define LCD_D157 160
#define LCD_D158 161
#define LCD_D159 162
#define LCD_D160 163
#define LCD_D161 164
#define LCD_D162 165
#define LCD_D163 166
#define LCD_D164 167
#define LCD_D165 168
#define LCD_D166 169
#define LCD_D167 170
#define LCD_D168 171
#define LCD_D169 172
#define LCD_D170 173
#define LCD_D171 174
#define LCD_D172 175
#define LCD_D173 176
#define LCD_D174 177
#define LCD_D175 178
#define LCD_D176 179
#define LCD_D177 180
#define LCD_D178 181
#define LCD_D179 182
#define LCD_D180 183
#define LCD_D181 184
#define LCD_D182 185
#define LCD_D183 186
#define LCD_D184 187
#define LCD_D185 188
#define LCD_D186 189
#define LCD_D187 190
#define LCD_D188 191
#define LCD_D189 192
#define LCD_D190 193
#define LCD_D191 194
#define LCD_D192 195
#define LCD_D193 196
#define LCD_D194 197
#define LCD_D195 198
#define LCD_D196 199
#define LCD_D197 200
#define LCD_D198 201
#define LCD_D199 202
#define LCD_D200 203
#define LCD_D201 204
#define LCD_D202 205
#define LCD_D203 206
#define LCD_D204 207
#define LCD_D205 208
#define LCD_D206 209
#define LCD_D207 210
#define LCD_D208 211
#define LCD_D209 212
#define LCD_D210 213
#define LCD_D211 214
#define LCD_D212 215
#define LCD_D213 216
#define LCD_D214 217
#define LCD_D215 218
#define LCD_D216 219
#define LCD_D217 220
#define LCD_D218 221
#define LCD_D219 222
#define LCD_D220 223
#define LCD_D221 224
#define LCD_D222 225
#define LCD_D223 226
#define LCD_D224 227
#define LCD_D225 228
#define LCD_D226 229
#define LCD_D227 230
#define LCD_D228 231
#define LCD_D229 232
#define LCD_D230 233
#define LCD_D231 234
#define LCD_D232 235
#define LCD_D233 236
#define LCD_D234 237
#define LCD_D235 238
#define LCD_D236 239
#define LCD_D237 240
#define LCD_D238 241
#define LCD_D239 242
#define LCD_D240 243
#define LCD_D241 244
#define LCD_D242 245
#define LCD_D243 246
#define LCD_D244 247
#define LCD_D245 248
#define LCD_D246 249
#define LCD_D247 250
#define LCD_D248 251
#define LCD_D249 252
#define LCD_D250 253
#define LCD_D251 254
#define LCD_D252 255
#define LCD_D253 256
#define LCD_D254 257
#define LCD_D255 258
#define LCD_D256 259
#define LCD_D257 260
#define LCD_D258 261
#define LCD_D259 262
#define LCD_D260 263
#define LCD_D261 264
#define LCD_D262 265
#define LCD_D263 266
#define LCD_D264 267
#define LCD_D265 268
#define LCD_D266 269
#define LCD_D267 270
#define LCD_D268 271
#define LCD_D269 272
#define LCD_D270 273
#define LCD_D271 274
#define LCD_D272 275
#define LCD_D273 276
#define LCD_D274 277
#define LCD_D275 278
#define LCD_D276 279
#define LCD_D277 280
#define LCD_D278 281
#define LCD_D279 282
#define LCD_D280 283
#define LCD_D281 284
#define LCD_D282 285
#define LCD_D283 286
#define LCD_D284 287
#define LCD_D285 288
#define LCD_D286 289
#define LCD_D287 290
#define LCD_D288 291
#define LCD_D289 292
#define LCD_D290 293
#define LCD_D291 294
#define LCD_D292 295
#define LCD_D293 296
#define LCD_D294 297
#define LCD_D295 298
#define LCD_D296 299
#define LCD_D297 300
#define LCD_D298 301
#define LCD_D299 302
#define LCD_D300 303
#define LCD_D301 304
#define LCD_D302 305
#define LCD_D303 306
#define LCD_D304 307
#define LCD_D305 308
#define LCD_D306 309
#define LCD_D307 310
#define LCD_D308 311
#define LCD_D309 312
#define LCD_D310 313
#define LCD_D311 314
#define LCD_D312 315
#define LCD_D313 316
#define LCD_D314 317
#define LCD_D315 318
#define LCD_D316 319
#define LCD_D317 320
#define LCD_D318 321
#define LCD_D319 322
#define LCD_D320 323
#define LCD_D321 324
#define LCD_D322 325
#define LCD_D323 326
#define LCD_D324 327
#define LCD_D325 328
#define LCD_D326 329
#define LCD_D327 330
#define LCD_D328 331
#define LCD_D329 332
#define LCD_D330 333
#define LCD_D331 334
#define LCD_D332 335
#define LCD_D333 336
#define LCD_D334 337
#define LCD_D335 338
#define LCD_D336 339
#define LCD_D337 340
#define LCD_D338 341
#define LCD_D339 342
#define LCD_D340 343
#define LCD_D341 344
#define LCD_D342 345
#define LCD_D343 346
#define LCD_D344 347
#define LCD_D345 348
#define LCD_D346 349
#define LCD_D347 350
#define LCD_D348 351
#define LCD_D349 352
#define LCD_D350 353
#define LCD_D351 354
#define LCD_D352 355
#define LCD_D353 356
#define LCD_D354 357
#define LCD_D355 358
#define LCD_D356 359
#define LCD_D357 360
#define LCD_D358 361
#define LCD_D359 362
#define LCD_D360 363
#define LCD_D361 364
#define LCD_D362 365
#define LCD_D363 366
#define LCD_D364 367
#define LCD_D365 368
#define LCD_D366 369
#define LCD_D367 370
#define LCD_D368 371
#define LCD_D369 372
#define LCD_D370 373
#define LCD_D371 374
#define LCD_D372 375
#define LCD_D373 376
#define LCD_D374 377
#define LCD_D375 378
#define LCD_D376 379
#define LCD_D377 380
#define LCD_D378 381
#define LCD_D379 382
#define LCD_D380 383
#define LCD_D381 384
#define LCD_D382 385
#define LCD_D383 386
#define LCD_D384 387
#define LCD_D385 388
#define LCD_D386 389
#define LCD_D387 390
#define LCD_D388 391
#define LCD_D389 392
#define LCD_D390 393
#define LCD_D391 394
#define LCD_D392 395
#define LCD_D393 396
#define LCD_D394 397
#define LCD_D395 398
#define LCD_D396 399
#define LCD_D397 400
#define LCD_D398 401
#define LCD_D399 402
#define LCD_D400 403
#define LCD_D401 404
#define LCD_D402 405
#define LCD_D403 406
#define LCD_D404 407
#define LCD_D405 408
#define LCD_D406 409
#define LCD_D407 410
#define LCD_D408 411
#define LCD_D409 412
#define LCD_D410 413
#define LCD_D411 414
#define LCD_D412 415
#define LCD_D413 416
#define LCD_D414 417
#define LCD_D415 418
#define LCD_D416 419
#define LCD_D417 420
#define LCD_D418 421
#define LCD_D419 422
#define LCD_D420 423
#define LCD_D421 424
#define LCD_D422 425
#define LCD_D423 426
#define LCD_D424 427
#define LCD_D425 428
#define LCD_D426 429
#define LCD_D427 430
#define LCD_D428 431
#define LCD_D429 432
#define LCD_D430 433
#define LCD_D431 434
#define LCD_D432 435
#define LCD_D433 436
#define LCD_D434 437
#define LCD_D435 438
#define LCD_D436 439
#define LCD_D437 440
#define LCD_D438 441
#define LCD_D439 442
#define LCD_D440 443
#define LCD_D441 444
#define LCD_D442 445
#define LCD_D443 446
#define LCD_D444 447
#define LCD_D445 448
#define LCD_D446 449
#define LCD_D447 450
#define LCD_D448 451
#define LCD_D449 452
#define LCD_D450 453
#define LCD_D451 454
#define LCD_D452 455
#define LCD_D453 456
#define LCD_D454 457
#define LCD_D455 458
#define LCD_D456 459
#define LCD_D457 460
#define LCD_D458 461
#define LCD_D459 462
#define LCD_D460 463
#define LCD_D461 464
#define LCD_D462 465
#define LCD_D463 466
#define LCD_D464 467
#define LCD_D465 468
#define LCD_D466 469
#define LCD_D467 470
#define LCD_D468 471
#define LCD_D469 472
#define LCD_D470 473
#define LCD_D471 474
#define LCD_D472 475
#define LCD_D473 476
#define LCD_D474 477
#define LCD_D475 478
#define LCD_D476 479
#define LCD_D477 480
#define LCD_D478 481
#define LCD_D479 482
#define LCD_D480 483
#define LCD_D481 484
#define LCD_D482 485
#define LCD_D483 486
#define LCD_D484 487
#define LCD_D485 488
#define LCD_D486 489
#define LCD_D487 490
#define LCD_D488 491
#define LCD_D489 492
#define LCD_D490 493
#define LCD_D491 494
#define LCD_D492 495
#define LCD_D493 496
#define LCD_D494 497
#define LCD_D495 498
#define LCD_D496 499
#define LCD_D497 500
#define LCD_D498 501
#define LCD_D499 502
#define LCD_D500 503
#define LCD_D501 504
#define LCD_D502 505
#define LCD_D503 506
#define LCD_D504 507
#define LCD_D505 508
#define LCD_D506 509
#define LCD_D507 510
#define LCD_D508 511
#define LCD_D509 512
#define LCD_D510 513
#define LCD_D511 514
#define LCD_D512 515
#define LCD_D513 516
#define LCD_D514 517
#define LCD_D515 518
#define LCD_D516 519
#define LCD_D517 520
#define LCD_D518 521
#define LCD_D519 522
#define LCD_D520 523
#define LCD_D521 524
#define LCD_D522 525
#define LCD_D523 526
#define LCD_D524 527
#define LCD_D525 528
#define LCD_D526 529
#define LCD_D527 530
#define LCD_D528 531
#define LCD_D529 532
#define LCD_D530 533
#define LCD_D531 534
#define LCD_D532 535
#define LCD_D533 536
#define LCD_D534 537
#define LCD_D535 538
#define LCD_D536 539
#define LCD_D537 540
#define LCD_D538 541
#define LCD_D539 542
#define LCD_D540 543
#define LCD_D541 544
#define LCD_D542 545
#define LCD_D543 546
#define LCD_D544 547
#define LCD_D545 548
#define LCD_D546 549
#define LCD_D547 550
#define LCD_D548 551
#define LCD_D549 552
#define LCD_D550 553
#define LCD_D551 554
#define LCD_D552 555
#define LCD_D553 556
#define LCD_D554 557
#define LCD_D555 558
#define LCD_D556 559
#define LCD_D557 560
#define LCD_D558 561
#define LCD_D559 562
#define LCD_D560 563
#define LCD_D561 564
#define LCD_D562 565
#define LCD_D563 566
#define LCD_D564 567
#define LCD_D565 568
#define LCD_D566 569
#define LCD_D567 570
#define LCD_D568 571
#define LCD_D569 572
#define LCD_D570 573
#define LCD_D571 574
#define LCD_D572 575
#define LCD_D573 576
#define LCD_D574 577
#define LCD_D575 578
#define LCD_D576 579
#define LCD_D577 580
#define LCD_D578 581
#define LCD_D579 582
#define LCD_D580 583
#define LCD_D581 584
#define LCD_D582 585
#define LCD_D583 586
#define LCD_D584 587
#define LCD_D585 588
#define LCD_D586 589
#define LCD_D587 590
#define LCD_D588 591
#define LCD_D589 592
#define LCD_D590 593
#define LCD_D591 594
#define LCD_D592 595
#define LCD_D593 596
#define LCD_D594 597
#define LCD_D595 598
#define LCD_D596 599
#define LCD_D597 600
#define LCD_D598 601
#define LCD_D599 602
#define LCD_D600 603
#define LCD_D601 604
#define LCD_D602 605
#define LCD_D603 606
#define LCD_D604 607
#define LCD_D605 608
#define LCD_D606 609
#define LCD_D607 610
#define LCD_D608 611
#define LCD_D609 612
#define LCD_D610 613
#define LCD_D611 614
#define LCD_D612 615
#define LCD_D613 616
#define LCD_D614 617
#define LCD_D615 618
#define LCD_D616 619
#define LCD_D617 620
#define LCD_D618 621
#define LCD_D619 622
#define LCD_D620 623
#define LCD_D621 624
#define LCD_D622 625
#define LCD_D623 626
#define LCD_D624 627
#define LCD_D625 628
#define LCD_D626 629
#define LCD_D627 630
#define LCD_D628 631
#define LCD_D629 632
#define LCD_D630 633
#define LCD_D631 634
#define LCD_D632 635
#define LCD_D633 636
#define LCD_D634 637
#define LCD_D635 638
#define LCD_D636 639
#define LCD_D637 640
#define LCD_D638 641
#define LCD_D639 642
#define LCD_D640 643
#define LCD_D641 644
#define LCD_D642 645
#define LCD_D643 646
#define LCD_D644 647
#define LCD_D645 648
#define LCD_D646 649
#define LCD_D647 650
#define LCD_D648 651
#define LCD_D649 652
#define LCD_D650 653
#define LCD_D651 654
#define LCD_D652 655
#define LCD_D653 656
#define LCD_D654 657
#define LCD_D655 658
#define LCD_D656 659
#define LCD_D657 660
#define LCD_D658 661
#define LCD_D659 662
#define LCD_D660 663
#define LCD_D661 664
#define LCD_D662 665
#define LCD_D663 666
#define LCD_D664 667
#define LCD_D665 668
#define LCD_D666 669
#define LCD_D667 670
#define LCD_D668 671
#define LCD_D669 672
#define LCD_D670 673
#define LCD_D671 674
#define LCD_D672 675
#define LCD_D673 676
#define LCD_D674 677
#define LCD_D675 678
#define LCD_D676 679
#define LCD_D677 680
#define LCD_D678 681
#define LCD_D679 682
#define LCD_D680 683
#define LCD_D681 684
#define LCD_D682 685
#define LCD_D683 686
#define LCD_D684 687
#define LCD_D685 688
#define LCD_D686 689
#define LCD_D687 690
#define LCD_D688 691
#define LCD_D689 692
#define LCD_D690 693
#define LCD_D691 694
#define LCD_D692 695
#define LCD_D693 696
#define LCD_D694 697
#define LCD_D695 698
#define LCD_D696 699
#define LCD_D697 700
#define LCD_D698 701
#define LCD_D699 702
#define LCD_D700 703
#define LCD_D701 704
#define LCD_D702 705
#define LCD_D703 706
#define LCD_D704 707
#define LCD_D705 708
#define LCD_D706 709
#define LCD_D707 710
#define LCD_D708 711
#define LCD_D709 712
#define LCD_D710 713
#define LCD_D711 714
#define LCD_D712 715
#define LCD_D713 716
#define LCD_D714 717
#define LCD_D715 718
#define LCD_D716 719
#define LCD_D717 720
#define LCD_D718 721
#define LCD_D719 722
#define LCD_D720 723
#define LCD_D721 724
#define LCD_D722 725
#define LCD_D723 726
#define LCD_D724 727
#define LCD_D725 728
#define LCD_D726 729
#define LCD_D727 730
#define LCD_D728 731
#define LCD_D729 732
#define LCD_D730 733
#define LCD_D731 734
#define LCD_D732 735
#define LCD_D733 736
#define LCD_D734 737
#define LCD_D735 738
#define LCD_D736 739
#define LCD_D737 740
#define LCD_D738 741
#define LCD_D739 742
#define LCD_D740 743
#define LCD_D741 744
#define LCD_D742 745
#define LCD_D743 746
#define LCD_D744 747
#define LCD_D745 748
#define LCD_D746 749
#define LCD_D747 750
#define LCD_D748 751
#define LCD_D749 752
#define LCD_D750 753
#define LCD_D751 754
#define LCD_D752 755
#define LCD_D753 756
#define LCD_D754 757
#define LCD_D755 758
#define LCD_D756 759
#define LCD_D757 760
#define LCD_D758 761
#define LCD_D759 762
#define LCD_D760 763
#define LCD_D761 764
#define LCD_D762 765
#define LCD_D763 766
#define LCD_D764 767
#define LCD_D765 768
#define LCD_D766 769
#define LCD_D767 770
#define LCD_D768 771
#define LCD_D769 772
#define LCD_D770 773
#define LCD_D771 774
#define LCD_D772 775
#define LCD_D773 776
#define LCD_D774 777
#define LCD_D775 778
#define LCD_D776 779
#define LCD_D777 780
#define LCD_D778 781
#define LCD_D779 782
#define LCD_D780 783
#define LCD_D781 784
#define LCD_D782 785
#define LCD_D783 786
#define LCD_D784 787
#define LCD_D785 788
#define LCD_D786 789
#define LCD_D787 790
#define LCD_D788 791
#define LCD_D789 792
#define LCD_D790 793
#define LCD_D791 794
#define LCD_D792 795
#define LCD_D793 796
#define LCD_D794 797
#define LCD_D795 798
#define LCD_D796 799
#define LCD_D797 800
#define LCD_D798 801
#define LCD_D799 802
#define LCD_D800 803
#define LCD_D801 804
#define LCD_D802 805
#define LCD_D803 806
#define LCD_D804 807
#define LCD_D805 808
#define LCD_D806 809
#define LCD_D807 810
#define LCD_D808 811
#define LCD_D809 812
#define LCD_D810 813
#define LCD_D811 814
#define LCD_D812 815
#define LCD_D813 816
#define LCD_D814 817
#define LCD_D815 818
#define LCD_D816 819
#define LCD_D817 820
#define LCD_D818 821
#define LCD_D819 822
#define LCD_D820 823
#define LCD_D821 824
#define LCD_D822 825
#define LCD_D823 826
#define LCD_D824 827
#define LCD_D825 828
#define LCD_D826 829
#define LCD_D827 830
#define LCD_D828 831
#define LCD_D829 832
#define LCD_D830 833
#define LCD_D831 834
#define LCD_D832 835
#define LCD_D833 836
#define LCD_D834 837
#define LCD_D835 838
#define LCD_D836 839
#define LCD_D837 840
#define LCD_D838 841
#define LCD_D839 842
#define LCD_D840 843
#define LCD_D841 844
#define LCD_D842 845
#define LCD_D843 846
#define LCD_D844 847
#define LCD_D845 848
#define LCD_D846 849
#define LCD_D847 850
#define LCD_D848 851
#define LCD_D849 852
#define LCD_D850 853
#define LCD_D851 854
#define LCD_D852 855
#define LCD_D853 856
#define LCD_D854 857
#define LCD_D855 858
#define LCD_D856 859
#define LCD_D857 860
#define LCD_D858 861
#define LCD_D859 862
#define LCD_D860 863
#define LCD_D861 864
#define LCD_D862 865
#define LCD_D863 866
#define LCD_D864 867
#define LCD_D865 868
#define LCD_D866 869
#define LCD_D867 870
#define LCD_D868 871
#define LCD_D869 872
#define LCD_D870 873
#define LCD_D871 874
#define LCD_D872 875
#define LCD_D873 876
#define LCD_D874 877
#define LCD_D875 878
#define LCD_D876 879
#define LCD_D877 880
#define LCD_D878 881
#define LCD_D879 882
#define LCD_D880 883
#define LCD_D881 884
#define LCD_D882 885
#define LCD_D883 886
#define LCD_D884 887
#define LCD_D885 888
#define LCD_D886 889
#define LCD_D887 890
#define LCD_D888 891
#define LCD_D889 892
#define LCD_D890 893
#define LCD_D891 894
#define LCD_D892 895
#define LCD_D893 896
#define LCD_D894 897
#define LCD_D895 898
#define LCD_D896 899
#define LCD_D897 900
#define LCD_D898 901
#define LCD_D899 902
#define LCD_D900 903
#define LCD_D901 904
#define LCD_D902 905
#define LCD_D903 906
#define LCD_D904 907
#define LCD_D905 908
#define LCD_D906 909
#define LCD_D907 910
#define LCD_D908 911
#define LCD_D909 912
#define LCD_D910 913
#define LCD_D911 914
#define LCD_D912 915
#define LCD_D913 916
#define LCD_D914 917
#define LCD_D915 918
#define LCD_D916 919
#define LCD_D917 920
#define LCD_D918 921
#define LCD_D919 922
#define LCD_D920 923
#define LCD_D921 924
#define LCD_D922 925
#define LCD_D923 926
#define LCD_D924 927
#define LCD_D925 928
#define LCD_D926 929
#define LCD_D927 930
#define LCD_D928 931
#define LCD_D929 932
#define LCD_D930 933
#define LCD_D931 934
#define LCD_D932 935
#define LCD_D933 936
#define LCD_D934 937
#define LCD_D935 938
#define LCD_D936 939
#define LCD_D937 940
#define LCD_D938 941
#define LCD_D939 942
#define LCD_D940 943
#define LCD_D941 944
#define LCD_D942 945
#define LCD_D943 946
#define LCD_D944 947
#define LCD_D945 948
#define LCD_D946 949
#define LCD_D947 950
#define LCD_D948 951
#define LCD_D949 952
#define LCD_D950 953
#define LCD_D951 954
#define LCD_D952 955
#define LCD_D953 956
#define LCD_D954 957
#define LCD_D955 958
#define LCD_D956 959
#define LCD_D957 960
#define LCD_D958 961
#define LCD_D959 962
#define LCD_D960 963
#define LCD_D961 964
#define LCD_D962 965
#define LCD_D963 966
#define LCD_D964 967
#define LCD_D965 968
#define LCD_D966 969
#define LCD_D967 970
#define LCD_D968 971
#define LCD_D969 972
#define LCD_D970 973
#define LCD_D971 974
#define LCD_D972 975
#define LCD_D973 976
#define LCD_D974 977
#define LCD_D975 978
#define LCD_D976 979
#define LCD_D977 980
#define LCD_D978 981
#define LCD_D979 982
#define LCD_D980 983
#define LCD_D981 984
#define LCD_D982 985
#define LCD_D983 986
#define LCD_D984 987
#define LCD_D985 988
#define LCD_D986 989
#define LCD_D987 990
#define LCD_D988 991
#define LCD_D989 992
#define LCD_D990 993
#define LCD_D991 994
#define LCD_D992 995
#define LCD_D993 996
#define LCD_D994 997
#define LCD_D995 998
#define LCD_D996 999
#define LCD_D997 1000

```

Gambar 4. Tampilan Kode Program Arduino (a)

Gambar 4 merupakan tampilan kode program Arduino yang digunakan untuk menginisialisasi LCD 16×2 berbasis I2C, modul komunikasi SIM800L, serta logika awal sistem pengendali suhu. Pada bagian ini ditunjukkan deklarasi pin kipas, nilai ambang batas suhu, API key ThingSpeak, serta proses inialisasi perangkat pada fungsi setup() yang menyiapkan LCD, menampilkan informasi awal, dan mengaktifkan komunikasi serial dengan modul SIM800 untuk pengiriman data.

```
10 // ...
11 // ...
12 // ...
13 // ...
14 // ...
15 // ...
16 // ...
17 // ...
18 // ...
19 // ...
20 // ...
21 // ...
22 // ...
23 // ...
24 // ...
25 // ...
26 // ...
27 // ...
28 // ...
29 // ...
30 // ...
31 // ...
32 // ...
33 // ...
34 // ...
35 // ...
36 // ...
37 // ...
38 // ...
39 // ...
40 // ...
41 // ...
42 // ...
43 // ...
44 // ...
45 // ...
46 // ...
47 // ...
48 // ...
49 // ...
50 // ...
51 // ...
52 // ...
53 // ...
54 // ...
55 // ...
56 // ...
57 // ...
58 // ...
59 // ...
60 // ...
61 // ...
62 // ...
63 // ...
64 // ...
65 // ...
66 // ...
67 // ...
68 // ...
69 // ...
70 // ...
71 // ...
72 // ...
73 // ...
74 // ...
75 // ...
76 // ...
77 // ...
78 // ...
79 // ...
80 // ...
81 // ...
82 // ...
83 // ...
84 // ...
85 // ...
86 // ...
87 // ...
88 // ...
89 // ...
90 // ...
91 // ...
92 // ...
93 // ...
94 // ...
95 // ...
96 // ...
97 // ...
98 // ...
99 // ...
100 // ...
```

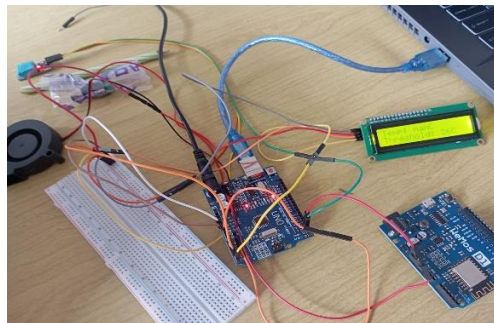
Gambar 5. Tampilan Kode Program Arduino (b)

Gambar 5 merupakan lanjutan dari gambar 4 (kode program) yang menampilkan proses pengiriman data suhu ke platform IoT ThingSpeak melalui modul SIM800L. Pada bagian ini terlihat logika pembaruan tampilan LCD untuk menunjukkan nilai suhu dan threshold, serta fungsi `sendToThingSpeak()` yang menjalankan serangkaian perintah AT seperti konfigurasi GPRS, pengaturan APN, inialisasi HTTP, hingga pengiriman data melalui URL API ThingSpeak menggunakan metode HTTP GET.

3.1.4 Hasil Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi sistem, penulis menggunakan alat yang terdiri dari mikrokontroler, sensor, aktuator, dan modul tampilan. Mikrokontroler dihubungkan ke komputer melalui kabel USB untuk memberikan suplai daya sekaligus melakukan pemantauan data secara real-time. Sensor DHT dipasang menggunakan kabel jumper untuk menguji kemampuan membaca suhu dan kelembapan lingkungan. Setiap sensor diuji satu per satu untuk memastikan nilai yang dihasilkan stabil dan dapat diterima oleh mikrokontroler.

Modul LCD 16x2 digunakan sebagai output tampilan, sehingga selama pengujian dilakukan pengecekan apakah data sensor dapat muncul dengan benar pada layar. Selain itu, cooler yang terhubung melalui modul relay diuji dengan memberikan kondisi tertentu misalnya suhu tinggi untuk memastikan aktuator dapat hidup dan mati sesuai logika program.



Gambar 6. Implementasi Sistem Pemantauan Suhu dan Aktivasi Cooler Otomatis

Pada gambar 6 di atas, seluruh komponen sistem IoT telah dirangkai dan dihubungkan secara penuh untuk memastikan fungsi akhir berjalan sesuai rancangan. Mikrokontroler utama (Arduino Uno) dihubungkan ke laptop melalui kabel USB sebagai sumber daya dan media pemantauan program. Sensor suhu dan kelembapan (DHT) telah aktif dan mengirimkan data pembacaan ke mikrokontroler. Hal ini tampak dari indikator LED pada modul sensor yang menyala.

Modul LCD 16x2 menampilkan hasil pembacaan suhu sekaligus nilai ambang batas (threshold) yang telah ditentukan dalam program. Pada layar terlihat informasi seperti "Temp: C" dan "Threshold: 26C", yang menunjukkan bahwa sistem sukses menampilkan informasi secara real-time.

Cooler yang berfungsi sebagai aktuator diletakkan di sisi kiri rangkaian, siap bekerja ketika suhu melebihi nilai ambang batas. Pada tahap ini dilakukan pemberian kondisi suhu tertentu untuk melihat apakah cooler dapat aktif dan nonaktif secara otomatis berdasarkan logika sistem.

Seluruh kabel jumper, breadboard, dan modul tambahan seperti board WeMos D1 turut disiapkan sebagai bagian dari integrasi sistem IoT berbasis jaringan. Implementasi ini memastikan bahwa sensor, tampilan LCD, aktuator, dan logika kontrol bekerja stabil tanpa gangguan.

Tahap akhir ini menjadi verifikasi keseluruhan bahwa perangkat siap digunakan pada implementasi sesungguhnya.

3.1.5 Hasil Pengujian Sistem

Berdasarkan implementasi sistem yang telah dilakukan maka diperoleh hasil pengujian sistem seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

Aspek Pengujian	Hasil
Akurasi sensor	Sensor mampu membaca suhu ruangan dengan baik
Pengiriman data	Data berhasil dikirim ke thing speak secara real time
Respon sistem	Cooler aktif secara otomatis Ketika suhu melebihi batas

3.2 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu bekerja secara konsisten dalam membaca suhu, menampilkan data, serta merespons perubahan temperatur melalui mekanisme otomatisasi yang telah ditentukan. Selama pengujian, sensor mampu menangkap perubahan suhu ruangan secara cepat, terutama ketika terjadi peningkatan suhu akibat aktivitas di dalam kelas atau ketika cooler sengaja dimatikan untuk mensimulasikan kondisi ruang yang panas.

Ketika suhu meningkat melewati ambang batas yang telah ditentukan, sistem segera memberikan respons baik berupa tampilan nilai suhu yang terus diperbarui maupun aktivasi cooler secara otomatis (pada versi IoT/cooler). Respons ini berlangsung tanpa jeda yang mengganggu, menandakan bahwa komunikasi antara sensor, mikrokontroler, dan modul output berjalan dengan baik. Pada sisi tampilannya, data yang muncul pada LCD atau platform pemantauan (seperti ThingSpeak) terlihat stabil dan mudah dipahami. Grafik yang terbentuk dari setiap kenaikan atau penurunan suhu juga tampak jelas, sehingga memudahkan pengguna yang ingin memantau perubahan temperatur secara lebih detail.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem pemantauan suhu ruangan berbasis ESP32 dan ThingSpeak yang mampu menampilkan data suhu secara real time dan mengendalikan cooler secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, (1) Sensor mampu membaca suhu ruangan dengan akurat dan stabil. Dengan menunjukan angka suhu diatas 25c aktivasi cooler menyala, (2) Data dapat terkirim ke ThingSpeak secara konsisten dan langsung ditampilkan dalam bentuk grafik, dan (3) Sistem kontrol cooler bekerja efektif, yaitu aktif ketika suhu melebihi batas yang ditentukan. Dengan demikian, sistem ini terbukti dapat meningkatkan kenyamanan ruang kelas sekaligus mendukung penggunaan energi yang lebih efisien. Implementasi IoT pada ruang kelas memberikan potensi besar untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih modern, terukur, dan adaptif terhadap perubahan kondisi ruangan.

Referensi

- [1] J. Kärnä, E. Hansen, and H. Juslin, "Social responsibility in environmental marketing planning," *Eur. J. Mark.*, vol. 37, no. 5/6, pp. 848–871, 2003, doi: 10.1108/03090560310465170.
- [2] A. Aidil, J. P. Sugiono, E. I. Setiawan, and A. S. Putra, "Pembentukan Aturan Fuzzy Untuk Pemberian Rekomendasi Penerima Bantuan Keluarga Berumah Tidak Layak Huni Menggunakan K-means

- Clustering,” *J. Intell. Syst. Comput.*, vol. 4, no. 2, pp. 85–92, 2022, doi: 10.52985/insyst.v4i2.216.
- [3] F. Yani Dalimunthe, “Perancangan Aplikasi Katalog Museum Dengan Menerapkan Algoritma Zhutakaoka(Studi Kasus : Museum Negeri Provinsi Sumatra Utara,” *Bull. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 20–26, Mar. 2022, doi: 10.47065/bit.v3i1.184.
- [4] J. S. Saputra and S. Siswanto, “Prototype Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Kandang Ayam Broiler Berbasis Internet of Things,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.30656/prosisko.v7i1.2132.
- [5] U. T. Suryadi and S. Saraswati, “SISTEM CERDAS PEMANTAU KENYAMANAN RUANG KELAS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN METODE K-MEANS PADA PLATFORM THINGSPEAK,” *J. Teknol. dan Komun. STMIK Subang*, vol. 13, no. 1, pp. 70–81, 2020, doi: 10.47561/a.v13i1.170.
- [6] R. F. Maulana, M. A. Ramadhan, W. Maharani, and M. I. Maulana, “Maulana, R. F., Ramadhan, M. A., Maharani, W., & Maulana, M. I. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IOT Studi Kasus Ruang Server IT Telkom Surabaya. Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology, 1(3),” *Indones. J. Multidiscip. Soc. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 224–231, 2023.
- [7] B. W. Aji *et al.*, “Implementasi Protocol LoRaWAN pada Wireless Sensor Network untuk Sistem Kompos Pintar dengan modul komunikasi LoRa PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA,” *Bnpb*, vol. 10, no. 2, pp. 709–718, 2023.
- [8] S. Indriyanto, F. T. Syifa, and H. A. Permana, “Sistem Monitoring Suhu Air pada Kolam Benih Ikan Koi Berbasis Internet of Things,” *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 6, no. 1, pp. 10–19, 2020, doi: 10.15575/telka.v6n1.10-19.
- [9] M. J. Espinosa-Gavira, A. Agüera-Pérez, J. C. Palomares-Salas, J. M. Sierra-Fernandez, P. Remigio-Carmona, and J. J. González de-la-Rosa, “Characterization and Performance Evaluation of ESP32 for Real-time Synchronized Sensor Networks,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 237, pp. 261–268, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.05.104.
- [10] A. Saleh, “Penerapan Metode Simple Multi Attribute Rating Technique Exploiting Rank dalam Sistem Pendukung Keputusan Rekrutmen Asisten Laboratorium Komputer,” *Masy. Telemat. dan Inf.*, vol. 8, pp. 1–10, 2017.
- [11] M. Muthmainnah, Aan Syaifudin, and Ninik Chamidah, “Prototipe Alat monitoring Suhu dan Kelembaban pada Rumah Penyimpan Tembakau Berbasis Internet of Thing (IoT),” *J. Pendidik. MIPA*, vol. 13, no. 1, pp. 177–182, Mar. 2023, doi: 10.37630/jpm.v13i1.853.
- [12] Novia Dwi Setia, B. Suprianto, E. Endryansyah, and N. Kholis, “Perancangan Sistem Kendali Exhaust Fan Berbasis IOT dengan Sensor MQ-2 dan DHT22 untuk Optimalisasi Konsumsi Energi,” *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 14, no. 3, pp. 250–256, Jul. 2025, doi: 10.26740/jte.v14n3.p250-256.
- [13] R. Saparullah, J. Pebralia, and L. Z. Maulana, “Internet of Things (IoT) and Arduino IDE as a Smart Water Quality Control for Monitoring in Catfish Ponds,” *Int. J. Hydrol. Environ. Sustain.*, vol. 3, no. 1, pp. 48–56, May 2024, doi: 10.58524/ijhes.v3i1.415.
- [14] B. Ferdian Hutabarat, M. Peslinof, M. F. Afrianto, and Y. Fendriani, “SISTEM BASIS DATA PEMANTAUAN PARAMETER AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN PLATFORM THINGSPEAK,” *J. ONLINE Phys.*, vol. 8, no. 2, pp. 42–50, Apr. 2023, doi: 10.22437/jop.v8i2.24365.
- [15] B. Fadillah and N. Nuroji, “Perancangan Pemantauan Banjir Realtime Berbasis Internet of Thing Menggunakan Esp 32 Terintegrasi Thingspeak Dan Notifikasi Bot Telegram Pada Bendungan Kramat Jati,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 2, pp. 3035–3041, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i2.13254.