

Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Notifikasi Drybox Kamera dan Lensa Berbasis Internet of Things

Gilang Ramadhan¹, Faza Alameka², Fahrullah³, Riyayatsyah⁴

¹ Universitas Mulia, Kampus Kota Samarinda, Indonesia

Email: g.ramadhan@students.universitasmulia.ac.id

² Universitas Mulia, Kampus Kota Samarinda, Indonesia

Email: faza@universitasmulia.ac.id

³ Universitas Mulia, Kampus Kota Samarinda, Indonesia

Email: fahrullah@universitasmulia.ac.id

⁴ Universitas Mulia, Kampus Kota Samarinda, Indonesia

Email: riyayatsyah@universitasmulia.ac.id

Abstract

High humidity levels in tropical climates often cause fungal growth on camera lenses and sensors, which can damage the protective coating and reduce the quality of photos as well as the resale value of the equipment. The use of manual dryboxes with silica gel requires regular inspection because silica gel has a saturation limit. On the other hand, commercial electric dry cabinets are relatively expensive and lack internet integration for remote monitoring. This study aims to design and build a real-time Internet of Things-based humidity and temperature monitoring and notification system for camera and lens dryboxes. The Prototyping development method was applied. The outcome of this research is expected to provide an efficient, responsive, and affordable solution for photographers and videographers to maintain micro-environmental conditions in camera storage, thereby preventing humidity-induced damage.

Keywords: Drybox, Internet of Things (IoT), ESP32, DHT22 Sensor, Blynk, Humidity Monitoring

Abstrak

Tingkat kelembapan udara yang tinggi pada daerah beriklim tropis sering kali menyebabkan tumbuhnya jamur pada lensa dan sensor kamera, yang berpotensi merusak lapisan pelindung serta menurunkan kualitas hasil foto maupun nilai jual peralatan. Penggunaan drybox manual berbasis silica gel memerlukan pengawasan secara berkala karena silica gel memiliki batas kejenuhan. Di sisi lain, electric dry cabinet yang ada di pasaran memiliki harga yang relatif mahal dan belum terintegrasi dengan jaringan internet untuk pemantauan jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring serta notifikasi kelembapan dan suhu pada drybox kamera dan lensa berbasis Internet of Things (IoT) secara real-time. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode Prototype. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi efisien, responsif, dan terjangkau bagi para fotografer maupun videografer dalam menjaga kondisi mikro ruang penyimpanan peralatan fotografi guna mencegah risiko kerusakan akibat kelembapan udara.

Kata Kunci: Drybox, Internet of Things (IoT), ESP32, Sensor DHT22, Blynk, Monitoring Kelembapan.

**Rancang Bangun Sistem
Monitoring dan Notifikasi
Drybox Kamera dan Lensa
Berbasis Internet of
Things**

Jurnal Teknosains
Kodepena
pp. 32-47



1. PENDAHULUAN

Fotografi dan Videografi sangat bergantung pada kualitas kamera dan lensa yang digunakan, yang mana investasi untuk membeli peralatan tersebut membutuhkan biaya yang sangat mahal. Di Indonesia yang beriklim tropis, tingkat kelembapan udara yang tinggi sering menyebabkan tumbuhnya jamur pada lensa dan sensor kamera jika penyimpanannya tidak dilakukan dengan baik. Peralatan optik fotografi/videografi membutuhkan ruang penyimpanan dengan iklimat ideal pada rentang kelembapan relatif 35%–55% RH. Apabila kelembapan melebihi 55% RH, risiko pertumbuhan jamur pada sensor dan coating lensa meningkat tajam, sedangkan jika kelembapan di bawah 35% RH, pelumas mekanis lensa berisiko mengering. Jika kelembapan melebihi batas tersebut, jamur dapat tumbuh lebih cepat dan merusak lapisan pelindung (coating) pada lensa (Naaziat et al., 2022) Kerusakan akibat jamur ini sangat merugikan, sebab sekalipun peralatan telah diperbaiki atau dibersihkan, kualitas optik dan hasil fotonya tidak akan sebaik saat kondisi baru. Selain itu, adanya bekas jamur secara drastis akan menurunkan nilai jual kembali (resale value) dari peralatan tersebut.

Untuk mengatasi masalah tersebut, banyak fotografer dan videografer menyimpan peralatan mereka di dalam drybox yang dilengkapi bahan penyerap kelembapan seperti silica gel. Namun, cara ini masih memiliki beberapa kelemahan. Pengguna harus memeriksa kondisi kelembapan secara berkala karena silica gel dapat menjadi jenuh dan kehilangan kemampuan menyerap uap air. Jika hal ini tidak segera diketahui, kelembapan di dalam drybox dapat meningkat dan berpotensi menyebabkan tumbuhnya jamur pada peralatan yang disimpan (Mi'rajtania et al., n.d.)

Sebetulnya, di pasaran saat ini telah tersedia electric dry cabinet (kulkas kamera otomatis) yang dapat menjaga kelembapan secara mandiri. Akan tetapi, perangkat pabrikan tersebut memiliki beberapa keterbatasan utama. Pertama, harganya yang relatif mahal menjadi kendala bagi fotografer pemula atau pelaku UMKM kreatif dengan anggaran terbatas. Kedua, perangkat tersebut umumnya bersifat stand-alone (berdiri sendiri) dan belum terintegrasi dengan jaringan internet. Akibatnya, muncul celah pengawasan (blind spot) di mana pengguna tidak dapat mengetahui kondisi penyimpanan dari jarak jauh, serta tidak adanya sistem peringatan dini (early warning system) apabila terjadi kegagalan sistem seperti listrik padam atau kerusakan mesin pembaca kelembapan.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi yang lebih efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan memanfaatkan sensor dan koneksi internet, sistem berbasis IoT dapat memantau kondisi lingkungan secara otomatis dan menampilkan data secara real-time. Data suhu dan kelembapan yang diperoleh dapat dikirim ke penyimpanan cloud sehingga pengguna dapat memantau kondisi drybox kapan saja dan dari mana saja melalui smartphone (Maulana et al., 2023) Dengan adanya teknologi ini, drybox tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga menjadi perangkat pintar yang mampu memberikan informasi kondisi lingkungan secara berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem monitoring kelembapan yang dapat bekerja secara otomatis dan memberikan peringatan ketika kondisi di dalam drybox berada di luar batas yang aman berbasis Internet of Things (IoT).

Diharapkan penelitian ini memberikan dampak penting, baik secara ekonomis maupun operasional. Secara ekonomis, penelitian ini menghadirkan alternatif solusi

penyimpanan pintar yang terjangkau (cost-effective) bagi fotografer pemula dan pelaku UMKM untuk melindungi investasi peralatan berharga mereka dari risiko kerugian finansial akibat kerusakan permanen. Secara operasional, penerapan sistem peringatan dini (early warning system) berbasis IoT ini mampu menghilangkan celah pengawasan (blind spot) dan meminimalkan kelalaian manusia (human error) dalam perawatan berkala, sehingga kualitas fisik serta nilai ekonomis peralatan fotografi dapat terjaga secara optimal dalam jangka panjang.

2. METODE PENELITIAN

Metode pengembangan sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Prototype. Metode ini diawali dengan analisis kebutuhan sistem, pembuatan rancangan cepat, pembuatan fisik prototype alat, hingga tahap pengujian dan evaluasi fungsionalitas sensor serta konektivitas IoT secara berulang. Dengan adanya sistem berbasis prototype yang telah diuji ini, pengguna dapat memantau kondisi penyimpanan kamera dan lensa secara lebih mudah, cepat, dan efisien sehingga risiko kerusakan akibat kelembapan dapat diminimalkan (Kahfi et al., 2026).

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan prototipe sistem untuk menguji kemampuan dalam melakukan pemantauan kelembapan secara otomatis, mengirimkan data ke aplikasi Blynk, serta memberikan notifikasi dan alarm secara responsif guna menjaga kondisi optimal penyimpanan kamera dan lensa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengembangan sistem monitoring drybox kamera berbasis Internet of Things (IoT) ini dirancang dan dilaksanakan secara sistematis. Berpijak pada alur Kerangka Pikir dan mengadopsi tahapan Metode Prototype, setiap tingkatan proses berjalan secara berkesinambungan. Pembahasan hasil pengembangan ini disajikan secara berurutan, yang diawali dari tahap pengumpulan kebutuhan sistem hingga berlanjut pada pengujian serta pencapaian hasil akhir sistem yang siap digunakan.

Hasil Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan identifikasi masalah pada tempat penyimpanan drybox manual, didapatkan kebutuhan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

Kategori: Hardware

No	Nama Perangkat	Fungsi
1	Mikrokontroler ESP32-WROOM-32	Mikrokontroler utama dan modul koneksi Wi-Fi
2	Sensor DHT 22	Sensor parameter untuk mengukur suhu udara dan kelembapan
3	Kabel Jumper	Penghubung arus dan data antar komponen elektronik
4	Laptop	Perangkat untuk menulis dan mengunggah kode program
5	Container box (Drybox)	sebuah wadah penyimpanan serbaguna
6	Selica Gel	untuk menyerap uap air berlebih di dalam box
7	Buzzer 5V	untuk membunyikan alarm peringatan secara otomatis saat sensor DHT22 mendeteksi nilai kelembapan udara (Relative Humidity) telah melampaui ambang batas aman yang ditentukan (misalnya di atas 60% RH)
8	ESP32 Expansion	sebagai papan tambahan untuk memperluas jumlah pin

No	Nama Perangkat	Fungsi
	Board	
9	Layar LCD 16x2	
10	Power Adaptor 5V	
11	Breadboard	

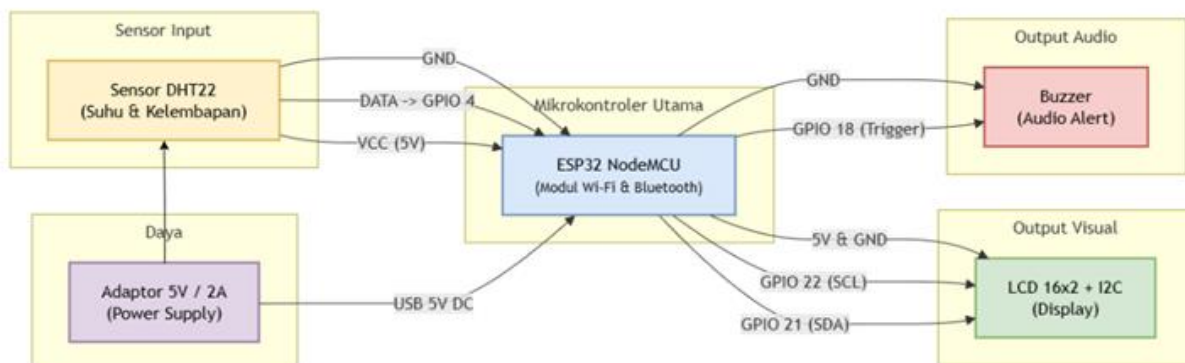
Kategori: Software

No	Nama Perangkat	Fungsi
1	Arduino IDE	Lingkungan pengembangan untuk penulisan kode (C++)
2	Platform Blynk IoT	Media monitoring dan pengiriman notifikasi ke ponsel
3	Blynk	untuk mengontrol dan memantau perangkat keras (Internet of Things / IoT) secara jarak jauh melalui aplikasi di smartphone (Android/iOS) atau web dashboard
4	Fritzing	untuk menggambar rangkaian

Hasil Perancangan Prototipe

Tahap perancangan merupakan fondasi dalam menerjemahkan kebutuhan sistem ke dalam skema teknis sebelum proses perakitan fisik dilakukan. Hasil dari tahap ini terbagi menjadi dua fokus utama, yaitu perancangan skematik kelistrikan (*hardware wiring*) dan perancangan tata letak fisik (*physical layout*) komponen pada wadah drybox.

- 1) Perancangan Blok Diagram dan Skema Pengkabelan (*Wiring Diagram*)
Perancangan ini bertujuan memetakan alur komunikasi data dan distribusi daya listrik dari mikrokontroler NodeMCU ESP32 ke seluruh modul periferal. Hasil perancangan Blok Diagram dan skema pengkabelan ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Blok Diagram dan Skema Pengkabelan

Berdasarkan gambar 1, pemetaan konfigurasi pin GPIO (General Purpose Input/Output) ESP32 dirancang sebagai berikut:

- a. Pin GPIO 4 (Input Digital): Dialokasikan khusus untuk menerima sinyal data digital secara serial dari sensor suhu dan kelembapan DHT22. Pin ini dilengkapi dengan komunikasi satu jalur (*one-wire bus*) untuk mentransfer data pembacaan kelembapan relatif (% RH) dan suhu (°C) secara berkala.
- b. Pin GPIO 21 (SDA) & GPIO 22 (SCL) (Komunikasi I2C): Dialokasikan untuk modul penampil Layar LCD 16x2 yang telah terintegrasi dengan adapter PCF8574 I2C. Pin GPIO 21 berfungsi sebagai Serial Data (SDA) untuk mengalirkan karakter teks, sedangkan GPIO 22 berfungsi sebagai Serial Clock (SCL) untuk sinkronisasi waktu transmisi. Penggunaan protokol I2C ini

- berhasil menghemat pemakaian pin ESP32 dari yang seharusnya membutuhkan 6 pin paralel menjadi hanya 2 pin serial.
- c. Pin GPIO 18 (Output Digital): Dialokasikan sebagai jalur pemicu (trigger) sinyal menuju modul Piezoelectric Buzzer. Pin ini bertugas memberi sinyal tegangan HIGH atau LOW untuk mengaktifkan bunyi alarm audio lokal ketika kondisi kelembapan berada di luar batas normal.
 - d. Jalur Catu Daya (5V & GND): Seluruh periferi (DHT22, LCD I2C, dan Buzzer) terhubung secara paralel pada rel daya 5V dan Ground (GND) dari expansion board ESP32 untuk menjamin kestabilan arus dan tegangan kerja tiap komponen.
- 2) Perancangan Tata Letak Komponen pada Drybox Perancangan tata letak fisik mempertimbangkan aspek keakuratan pembacaan variabel lingkungan serta kemudahan interaksi pengguna (*user accessibility*):
- a. Sensor DHT22 (Interior Box): Diposisikan di bagian atas-tengah kompartemen dalam drybox. Penempatan ini dipilih karena dinamika kelembapan dan udara hangat cenderung menyebar serta berkumpul di area atas wadah. Posisi ini memastikan sensor dapat mendeteksi perubahan iklim interior secara akurat tanpa terhalang langsung oleh bodi kamera atau lensa.
 - b. Layar LCD 16x2 (Eksterior Box): Dipasang pada dinding luar/samping wadah drybox. Penempatan di sisi luar memungkinkan pengguna memantau status kelembapan dan suhu secara langsung tanpa harus membuka tutup drybox—sebab membuka tutup wadah dapat menyebabkan udara luar masuk dan merusak kestabilan kelembapan interior.
 - c. Modul Buzzer (Eksterior Box): Diletakkan di bagian luar wadah agar keluaran frekuensi suara alarm peringatan lokal tidak teredam oleh kerapatan dan kedapnya bahan drybox, sehingga dapat terdengar jelas oleh pengguna.
 - d. Mikrokontroler ESP32 (Exterior Box): Ditempatkan pada bagian luar. Posisi ini bertujuan untuk merapikan manajemen kabel (*cable management*), memudahkan akses port pengunggahan kode program, serta mencegah pelepasan panas (*heat release*) dari komponen elektronik memengaruhi suhu di dalam drybox.

Hasil Pembuatan Prototipe

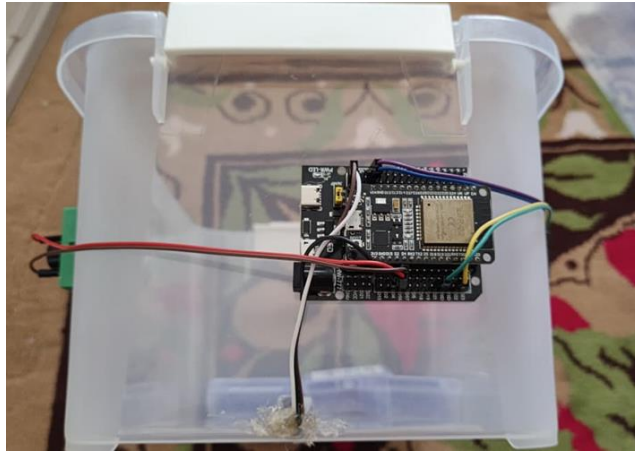
Tahap pembuatan prototipe merupakan bentuk realisasi fisik dan teknis berdasarkan rancangan skematik yang telah disiapkan sebelumnya. Proses ini terbagi menjadi dua ranah utama, yaitu perakitan fisik perangkat keras (*hardware assembly*) serta penyusunan dan pengunggahan kode program (*software programming*)

1) Perakitan Perangkat Keras (*Hardware Assembly*)

Proses perakitan fisik dilakukan dengan menghubungkan seluruh modul elektronik ke unit pengolah utama ESP32 yang ditempatkan di atas expansion board. Penggunaan expansion board bertujuan untuk mempermudah distribusi tegangan 5V, 3.3V, dan Ground (GND) secara lebih kokoh dan aman.

Seluruh komponen pendukung (sensor DHT22, modul LCD 16x2 I2C, dan buzzer) dihubungkan menggunakan kabel jumper sesuai dengan skema pin out GPIO yang dirancang pada subbab sebelumnya. Setelah perakitan sirkuit elektronik selesai, seluruh komponen dirangkai dan diletakkan pada wadah

drybox sesuai dengan tata letak optimalnya. Hasil perakitan fisik prototipe Smart Drybox ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Penempatan ESP 32 Dan Expansion Board

Berdasarkan gambar 2, perangkat keras sistem telah berhasil dirakit di dalam wadah penyimpanan drybox. Rangkaian ini terdiri atas ESP32-WROOM-32 sebagai pusat pengolahan data dan pengirim data IoT, expansion board sebagai media distribusi jalur daya dan pin GPIO, sensor DHT22 sebagai pembaca suhu serta kelembapan (35%–55%), buzzer sebagai alarm lokal, dan kabel jumper sebagai jalur koneksi antar-komponen.



Gambar 3. Penempatan DHT 22 dan selica gel

Berdasarkan gambar 3 Sensor DHT22 dipasang tepat di bagian dasar tengah wadah drybox transparan untuk mengukur tingkat kelembapan udara (relative humidity) dan suhu lingkungan secara optimal. Pemasangan sensor di area tengah bertujuan agar pembacaan data mikroklimat di dalam ruang penyimpanan dapat mewakili kondisi kelembapan secara merata.

Pin VCC pada modul sensor DHT22 dihubungkan ke pin 3.3V/5V expansion board, pin GND ke ground, dan pin DATA disambungkan ke pin GPIO mikrokontroler

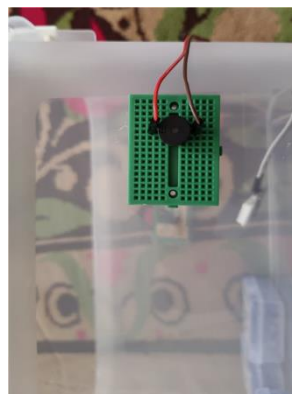
ESP32 melalui jalur kabel jumper yang dikeluarkan secara rapi melalui celah wadah. Selain sensor, di dalam wadah drybox juga ditempatkan beberapa kotak silica gel blue yang tersebar di beberapa sudut. Silica gel berfungsi sebagai media penyerap kelembapan pasif, sementara sensor DHT22 bertugas memantau efektivitas penyerapan tersebut secara real-time untuk memastikan nilai kelembapan tetap terjaga pada rentang aman 35% hingga 55%.



Gambar 4. Penempatan LCD 16x2

Berdasarkan gambar 4 Layar LCD 16x2 dipasang pada bagian luar dinding wadah drybox transparan untuk berfungsi sebagai media tampilan antarmuka lokal (local display). Pemasangan layar LCD di sisi luar ini bertujuan untuk memudahkan pengguna melihat data hasil pembacaan suhu dan kelembapan udara di dalam drybox secara real-time tanpa perlu membuka tutup wadah maupun membuka aplikasi pada smartphone.

Layar LCD ini dilengkapi dengan modul komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit) sehingga pengkabelan ke mikrokontroler ESP32 hanya membutuhkan 4 jalur kabel jumper female-to-female (VCC, GND, SDA, dan SCL). Pin VCC dan GND dihubungkan ke sumber daya expansion board, sedangkan pin SDA dan SCL disambungkan ke pin komunikasi I2C pada ESP32. Dengan konfigurasi ini, layar dapat menampilkan informasi status kelembapan ruang penyimpanan secara realtime.



Gambar 5. Penempatan Buzzer

Komponen buzzer dipasang pada sebuah mini breadboard hijau yang ditempelkan di dinding luar wadah drybox. Buzzer berfungsi sebagai indikator peringatan suara (audio alarm) secara langsung (early warning system) apabila tingkat kelembapan udara atau suhu di dalam drybox berada di luar ambang batas aman (35%–55%).

Penggunaan mini breadboard bertujuan untuk mempermudah pemasangan serta menjaga posisi buzzer agar tetap stabil pada dinding drybox. Pin positif (+) buzzer dihubungkan menggunakan kabel jumper ke salah satu pin GPIO digital ESP32 sebagai sinyal pemicu (trigger), sedangkan pin negatif (-) dihubungkan ke jalur ground (GND) pada expansion board. Penempatan buzzer di sisi luar wadah ini memastikan bunyi alarm peringatan dapat terdengar jelas oleh pengguna tanpa terhalang atau teredam oleh struktur penutup drybox.

Berdasarkan hasil perancangan dan perakitan perangkat keras, pengkabelan antar-komponen terhubung secara sistematis melalui expansion board mikrokontroler ESP32-WROOM-32. Hubungan dan pemetaan jalur pin untuk setiap komponen pendukung, mulai dari sumber daya, sensor, tampilan LCD, hingga indikator alarm, dijelaskan secara rinci pada Tabel 4. 2.

Tabel 2. Konfigurasi Pin Rangkaian Perangkat Keras

No	Komponen	Pin Komponen	Pin ESP 32 Expansion Board	Keterangan
1	ESP32-WROOM-32	Pin Header Utama	Header Female Expansion Board	Pusat pengolahan data & pengirim data IoT
2	Sumber Daya Utama	Port Micro USB	Power adaptor	Menyuplai daya ke ESP32 dan expansion board
3	Sensor DHT22	VCC	3.3V / 5V	Catu daya sensor
		DATA	GPIO 4	Jalur data pembacaan suhu dan kelembapan
		GND	GND (Expansion Board)	Jalur ground
4	LCD 16x2	VCC	5V	Daya layar
		GND	GND	Jalur ground
		SDA	GPIO 21	Output lcd
		SCL	GPIO 22	Output lcd
5	Buzzer	+	GPIO 18	Sinyal alarm
		-	GND	Ground

Berdasarkan tabel 2, mikrokontroler ESP32-WROOM-32 Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32-WROOM-32 sebagai "otak" atau unit utama. Agar pemasangan lebih rapi dan jalur kelistrikan lebih mudah dibagikan ke komponen lain, modul ESP32 ini ditancapkan langsung pada header female milik expansion board. Seluruh sistem mendapat aliran listrik melalui port Micro USB yang tersambung ke adaptor daya. Dari titik inilah sumber tegangan dibagikan secara stabil ke setiap komponen perangkat keras yang terhubung.

Proses pemantauan kondisi drybox bekerja melalui beberapa komponen utama:

Pendeteksi Lingkungan (Sensor DHT22): Sensor ini bertugas mengukur suhu dan kelembapan udara secara presisi. Data digital dari pengukuran tersebut dikirimkan ke mikrokontroler melalui kabel data yang terhubung ke pin GPIO 4. Sementara untuk kebutuhan dayanya, sensor ini mengambil suplai dari terminal

3.3V/5V dan ground (GND) yang ada di expansion board.

Tampilan Visual Lokal (LCD 16x2 I2C): Agar pengguna bisa melihat data suhu dan kelembapan secara langsung di lokasi, sistem dilengkapi layar LCD 16x2. Layar ini menggunakan jalur komunikasi I2C yang hemat kabel, yaitu melingkupi pin SDA (GPIO 21) untuk pengiriman data dan pin SCL (GPIO 22) sebagai pengatur sinyal clock. Hasil pemantauan lingkungan drybox akan ditampilkan secara real-time di layar ini.

Sistem Peringatan Dini (Buzzer): Sebagai pengaman ekstra, dipasang modul buzzer pada pin GPIO 18 yang berfungsi sebagai sinyal keluaran digital. Jika kondisi suhu atau kelembapan di dalam drybox terdeteksi melebihi batas aman yang ditentukan, ESP32 akan menyalakan buzzer untuk membunyikan alarm suara sebagai peringatan dini bagi pengguna.

2) Pemrograman Mikrokontroler

Pemrograman dilakukan menggunakan lingkungan pengembangan terpadu Arduino IDE berbasis bahasa C++. Kode program yang disusun mencakup beberapa fungsi utama, yaitu:

- inisialisasi library pendukung (DHT.h, LiquidCrystal_I2C.h, dan BlynkSimpleEsp32.h)
- Pembacaan data variabel kelembapan relatif (% RH) dan suhu (°C) dari sensor DHT22 secara kontinyu.
- Pengolahan logika percabangan untuk penanganan kondisi batas kelembapan (35%–55% RH).
- Penayangan data suhu dan kelembapan secara real-time pada modul LCD 16x2 I2C.
- Pengiriman data telemetry ke server cloud Blynk IoT melalui koneksi Wi-Fi internal ESP32 serta pemicu (trigger) notifikasi dan buzzer saat kondisi kelembapan berada di luar batas aman.



```
1 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6Pmc8Gv1b"
2 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Smart Drybox ESP32"
3 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "4cttL18enV-bohtnCGlgyKpA98-Smr2"
4
5 #include <WiFi.h>
6 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
7 #include <Wire.h>
8 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
9 #include <DHT.h>
10
11 char ssid[] = "gilaang";
12 char pass[] = "12223344";
13
14 #define DHTPIN 4
15 #define DHTTYPE DHT22
16 #define BUZZER_PIN 16
17
18 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
19 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
20
21 // Bit array khusus untuk membuat simbol derajat (°) yang presisi
22 byte derajat[8] = {
23   000110,
24   001001,
25   001001,
26   000110,
27   000000,
28   000000,
29   000000,
30   000000
31 };
32
33 volatile float suhu = 0.0;
34 volatile float hum = 0.0;
35 volatile bool statusAlarm = false;
36 volatile bool wifiConnected = false;
37
38 TaskHandle_t TaskOfflineHandle;
39 TaskHandle_t TaskOnlineHandle;
40 TaskHandle_t TaskBuzzerHandle;
41
42 void TaskBuzzer(void *pvParameters) {
43   for (;;) {
44     if (statusAlarm) {
45       digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
46       vTaskDelay(pdMS_TO_TICKS(100));
47     }
48   }
49 }
```

Gambar 6. Potongan Kode Program Pemrograman ESP32 pada Arduino IDE

Berdasarkan gambar 6, struktur kode program yang dirancang diawali dengan pendeklarasian kredensial autentikasi platform Blynk IoT (BLYNK_TEMPLATE_ID dan BLYNK_AUTH_TOKEN) serta inisialisasi library utama seperti WiFi.h, BlynkSimpleEsp32.h, LiquidCrystal_I2C.h, dan DHT.h. Pemetaan pin keras (hardware mapping) dikonfigurasi pada baris awal untuk menetapkan variabel DHTPIN pada pin GPIO 4 dan BUZZER_PIN pada pin GPIO 16. Selain itu, kode program ini menerapkan teknik multitasking berbasis FreeRTOS (TaskHandle_t) untuk mengelola pembacaan data sensor, pembaruan tampilan LCD, serta pemicuan alarm secara bersamaan.

Hasil Pengujian Prototipe

Tabel 3. Pengujian Fungsional Komponen dan Fitur

No	Komponen dan Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Sensor DHT22	Mendeteksi suhu dan kelembapan udara di dalam drybox	Sensor membaca suhu dan kelembapan secara real-time	Berhasil membaca data suhu & kelembapan
2	Mikrokontroler ESP32	Menghubungkan perangkat ke jaringan Wi-Fi lokal	ESP32 terhubung ke Wi-Fi dan dapat mengirim data ke server Blynk	Status koneksi terhubung (<i>Connected</i>)
	Tampilan LCD 16x2	Menampilkan data pembacaan sensor secara lokal	Karakter data suhu dan kelembapan tampil dengan jelas	Layar menampilkan data secara <i>real-time</i>
4	Modul Buzzer	Pemicu alarm saat kelembapan <35% atau >55%	Buzzer berbunyi (ON) ketika kelembapan di luar batas aman	Buzzer berbunyi nyaring
5	Aplikasi Blynk IoT	Menampilkan widget data	Data tampil pada dashboard	Data Realtime

Berdasarkan hasil pengujian fungsional pada tabel 3, dapat disimpulkan bahwa seluruh komponen hardware maupun software pada prototipe Smart Drybox telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan skenario perancangan yang direncanakan.

Hasil Evaluasi Prototipe

Berdasarkan seluruh rangkaian pengujian fungsionalitas (black-box testing) serta pengujian responsibilitas sistem yang telah dilaksanakan, dilakukan analisis dan evaluasi secara menyeluruh terhadap kinerja prototipe Smart Drybox. Evaluasi ini bertujuan untuk menilai tingkat keandalan, akurasi, efektivitas sistem pemantauan berbasis IoT, serta mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan teknis dari alat yang dikembangkan.

- 1) Evaluasi Kinerja Akurasi dan Kestabilan Sensor Berdasarkan hasil pemantauan variabel iklim di dalam interior drybox, sensor DHT22 menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam merespons perubahan suhu dan kelembapan udara secara kontinu. Pembacaan kelembapan relatif (% RH) dan suhu (°C) memiliki tingkat linieritas yang tinggi dengan interval pembaruan data setiap 2 detik. Persentase error rata-rata pembacaan yang berada pada rentang yang sangat kecil membuktikan bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat presisi dan stabilitas yang memadai untuk menjaga peralatan fotografi dari risiko

pertumbuhan jamur.

- 2) Evaluasi Efektivitas Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*) dan Telemetri Cloud Pengujian logika percabangan untuk penanganan kondisi batas kelembapan ideal (35%–55% RH) berjalan sesuai dengan spesifikasi perancangan. Ketika kelembapan udara di dalam drybox terdeteksi berada di luar rentang aman misalnya saat tutup drybox dibuka dalam durasi tertentu, sistem secara otomatis mengeksekusi dua tindakan pemeringatan secara Peringatan Lokal (Local Alert) dan Peringatan Jarak Jauh (Remote Notification).
- 3) Analisis Kelebihan Prototipe Pengembangan prototipe Smart Drybox berbasis IoT ini memiliki beberapa keunggulan utama dari segi teknis dan fungsionalitas pengguna (usability) serta dapat membantu Pengawasan Jarak Jauh bagi pengguna.
- 4) Prototipe Smart Drybox masih memiliki keterbatasan teknis berupa ketergantungan penuh pada kestabilan jaringan Wi-Fi lokal, ketiadaan sistem baterai cadangan saat pemadaman listrik, serta mekanisme penyesuaian kelembapan yang masih bersifat pasif menggunakan silica gel tanpa aktuator aktif.

Secara keseluruhan, prototipe Smart Drybox berhasil dan layak secara fungsional untuk memantau serta memberikan peringatan dini kelembapan wadah kamera secara real-time, namun masih memerlukan pengembangan lebih lanjut pada aspek daya cadangan.

Hasil Akhir Implementasi dan Respon Sistem

Pada bagian ini adalah bentuk realisasi fisik akhir dari prototipe Smart Drybox setelah melalui seluruh tahapan perakitan, pemrograman, pengujian fungsional, dan evaluasi sistem. Integrasi penuh antara perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) menghasilkan sebuah sistem pemantauan jarak jauh.

- 1) Realisasi Fisik Akhir Perangkat (Final Hardware Assembly) Seluruh modul elektronik yang meliputi mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, layar LCD 16x2 I2C, dan buzzer telah terpasang secara kokoh pada wadah drybox. Penempatan komponen dilakukan dengan mempertimbangkan estetika, keamanan jalur kelistrikan, serta keterbacaan data oleh pengguna.



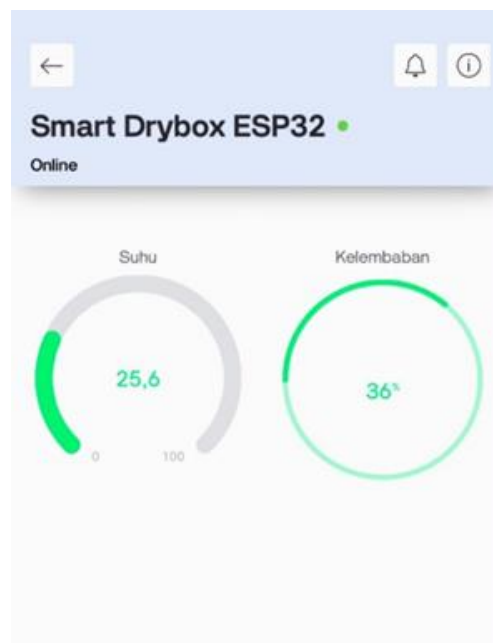
Gambar 7. Realisasi Fisik Akhir Prototipe Smart Drybox

Berdasarkan gambar 7, antarmuka lokal berupa Layar LCD 16x2 diletakkan pada bagian depan luar wadah agar pengguna dapat melihat kondisi suhu dan kelembapan secara langsung tanpa perlu membuka tutup drybox. Sensor DHT22 ditempatkan di bagian dalam ruang penyimpanan kamera untuk memastikan pembacaan mikroklimat interior tetap akurat dan tidak terpengaruh langsung oleh kondisi udara luar.

2) Respon Real-Time dan Integrasi Telemetry Sistem

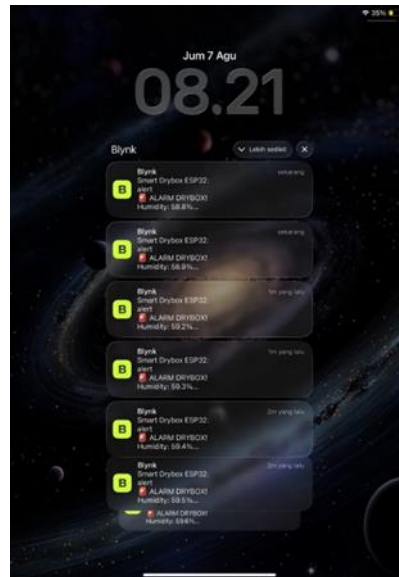
Ketika sistem dinyalakan (power on), mikrokontroler ESP32 secara otomatis menginisialisasi seluruh periferal dan melakukan pemindaian jaringan Wi-Fi lokal. Respon operasional sistem secara keseluruhan mencakup dua jalur indikasi:

- a. Indikasi Lokal: Layar LCD 16x2 memperbarui tampilan nilai suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan (% RH) secara real-time setiap 2 detik. Apabila nilai kelembapan relatif berada di luar batas ideal (35%–55% RH), buzzer langsung merespons dengan mengeluarkan bunyi alarm peringatan (HIGH).
- b. Indikasi Jarak Jauh (Cloud IoT): Data pembacaan sensor diteruskan secara nirkabel menuju server Blynk IoT. Tampilan dashboard aplikasi Blynk yang aktif menampilkan pembaruan data suhu dan kelembapan secara real-time ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Dashboard Blynk

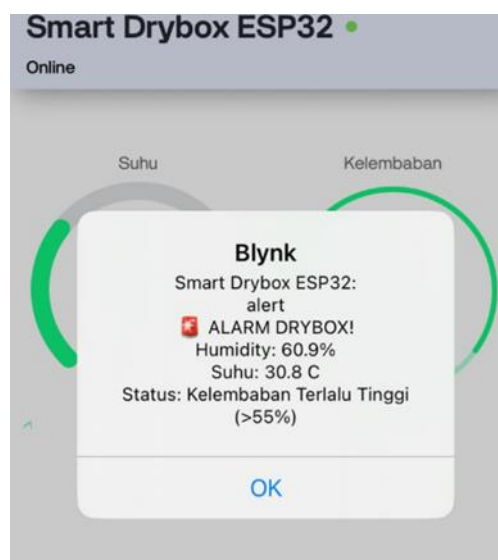
- c. Selain pemantauan visual pada dashboard, sistem juga mengirimkan peringatan otomatis ke smartphone pengguna. Tampilan notifikasi peringatan (push notification) yang diterima pada aplikasi Blynk saat kelembapan berada di luar batas aman ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Blynk Push Notification

Berdasarkan gambar 8 dan Gambar 9, terlihat bahwa integrasi sistem berbasis cloud berjalan dengan baik. Pengguna tidak hanya dapat mengamati parameter secara real-time, tetapi juga langsung menerima peringatan dini berupa notifikasi pop-up di smartphone secara responsif saat terjadi lonjakan kelembapan di dalam drybox.

- d. Selain pemantauan parameter secara real-time pada dashboard, sistem juga dilengkapi dengan fitur peringatan dini (early warning system) berbasis notifikasi. Tampilan notifikasi peringatan (pop-up alert) yang diterima pada aplikasi Blynk saat kelembapan di dalam drybox terdeteksi melampaui batas aman (dalam kasus ini kelembapan tinggi, >55%) ditunjukkan pada gambar 10



Gambar 10. Notification Blynk

Selanjutnya, guna memverifikasi ketepatan logika program pada mikrokontroler ESP32 dalam merespons berbagai variasi kondisi lingkungan di

dalam drybox, dilakukan serangkaian pengamatan menyeluruh. Pengujian difokuskan pada aktivasi buzzer sebagai alarm lokal dan pengiriman push notification ke aplikasi Blynk IoT ketika kelembapan berada di luar rentang ideal (<35% atau >55%). Hasil rekapitulasi pengamatan respon sistem terhadap beberapa sampel kondisi kelembapan disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4. Pengujian Hasil dan Respon Sistem

No	Kondisi Lingkungan	Kelembapan Terukur (RH)	Suhu Terukur	Status Buzzer	Status Notifikasi Blynk
1	Kelembapan Terlalu Rendah	31.5%	27.2 °C	Menyala (ON)	Terkirim (<i>Low Humidity</i>)
2	Kelembapan Normal / Aman	41.0%	26.8 °C	Mati (OFF)	Tidak Terkirim
3	Kelembapan Normal / Aman	51.0%	26.1 °C	Mati (OFF)	Tidak Terkirim
4	Kelembapan Terlalu Tinggi	62.9%	25.7 °C	Menyala (ON)	Terkirim (<i>High Humidity</i>)

Analisis Hasil Pengujian Respon Sistem:

- 1) Pengujian Kondisi Normal (Rentang 35.0% – 55.0%) Saat sensor DHT22 mendeteksi nilai kelembapan relatif berada pada kondisi ideal (seperti pada pengukuran 41.0% dan 51.0%), sistem berada dalam kondisi siaga (standby). Pada kondisi ini, buzzer tidak aktif (OFF) dan sistem tidak mengalirkan instruksi pengiriman notifikasi ke platform Blynk. Layar LCD 16x2 secara konsisten memperbarui tampilan data suhu, kelembapan, serta status koneksi Wi-Fi [WF:ON] secara real-time.
- 2) Pengujian Kondisi Kelembapan Tinggi (> 55.0%) Ketika kelembapan udara di dalam drybox melampaui batas atas aman (seperti pada pengujian 62.9%), logika sistem secara otomatis memicu respon ganda. Secara lokal, mikrokontroler mengaktifkan buzzer berbunyi intermiten sebagai indikator peringatan dini (early warning system). Secara bersamaan, ESP32 mengirimkan data ke server Blynk untuk memicu pengiriman push notification langsung ke smartphone pengguna.
- 3) Pengujian Kondisi Kelembapan Rendah (< 35.0%) Pada saat nilai kelembapan turun di bawah batas minimum (seperti pada pengujian 31.5%), sistem secara responsif mengaktifkan buzzer dan mengirimkan pesan notifikasi bahaya ke kelembapan rendah. Fitur ini berfungsi mencegah kondisi udara yang terlalu kering, yang berisiko mengeringkan pelumas (grease) pada lensa dan kamera.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan pada sistem Smart Drybox berbasis ESP32 dan Blynk IoT, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Implementasi Sistem: Sistem monitoring dan early warning pada drybox berhasil dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, layar LCD 16x2 I2C, buzzer, dan platform Blynk IoT. Sistem mampu membaca parameter suhu serta kelembapan secara real-time dan menampilkannya pada layar LCD lokal maupun dashboard aplikasi Blynk.

- b. Pengujian Fungsional dan Respon Sistem: Seluruh komponen keras dan fitur perangkat lunak berfungsi seluruhnya sesuai skenario pengujian fungsional yang dirancang. Sistem secara responsif mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal dan mengirimkan push notification ke smartphone pengguna saat kelembapan berada di luar batas ideal (kurang dari 35.0% atau lebih dari 55.0%).
- c. Efektivitas Sistem Peringatan Dini: Penerapan arsitektur pemrograman multitasking terbukti menjaga stabilitas pembacaan sensor dan pengiriman data telemetri, sehingga pencegahan terhadap potensi pertumbuhan jamur pada peralatan fotografi dapat dilakukan secara otomatis tanpa perlu pengawasan fisik secara terus-menerus.

Untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem Smart Drybox pada penelitian selanjutnya, beberapa saran antara lain:

- a. Penambahan Aktuator Otomatis: Mengintegrasikan pemanas (heating element) mikro atau kipas pembuang (exhaust fan) otomatis yang aman untuk kamera dan lensa yang terhubung ke relay, sehingga sistem tidak hanya memberikan peringatan tetapi juga dapat menurunkan/menaikkan kelembapan secara otomatis (closed-loop control).
- b. Integrasi Baterai Backup / UPS: Menambahkan modul manajemen daya baterai agar sistem tetap dapat beroperasi dan membunyikan alarm saat terjadi pemadaman listrik.
- c. Peningkatan Akurasi Sensor Lingkungan: Menggunakan sensor dengan tingkat akurasi dan responsivitas yang lebih tinggi (seperti sensor SHT31 atau BME280) guna meningkatkan presisi pembacaan suhu dan kelembapan di dalam drybox.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Al Farisi, R., Topan, P. A., Andriani, T., & Hidayatullah, M. (2023). Implementasi Mikrokontroler Esp32 Pada Alat Penyinaran Screen Sablon Pcb Otomatis Berbasis Iot. *Journal Altron; Journal of Electronics, Science & Energy Systems*, 2(01), 28–36. <https://doi.org/10.51401/altron.v2i01.1741>
- Dwianti Westari, & Syaeful Ilman. (2024). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32, Moisture Sensor, DHT22 Sensor dan Blynk. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, 3(4), 314–321. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i4.4941>
- Kahfi, M. F., Faisal, M., Universitas, K., & Hasbullah, K. A. W. (2026). Implementasi Internet of Things Berbasis ESP32 dan Blynk untuk Monitoring Mikroklimat Ruang Hunian. *Jurnal Sains Student Research*, 4(1), 616–621. <https://doi.org/10.61722/jssr.v4i1.8349>
- Maulana, R. F., Ramadhan, M. A., Maharani, W., & Maulana, M. I. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IOT Studi Kasus Ruang Server IT Telkom Surabaya. *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology*, 1(3), 224–231. <https://doi.org/10.31004/ijmst.v1i3.169>
- Mi'rajtania, S., Yuana, H., & Puspitasari, W. D. (n.d.). Prototipe Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Untuk Pengendalian Lingkungan Mikro Berbasis Iot Pada Ruang Koleksi Berisiko Di Fasilitas Publik Prototype Of An Iot-Based Temperature And Humidity Monitoring System For Microenvironmental Control In High-Risk Collection Spaces Within Public Facilities.

- Naaziat, A., Yuliatmojo, P., & Bintoro, J. (2022). *Design and Construction of a Web-Based Stock Counting Tool Using a Microcontroller*. *JURNAL PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK ELEKTRONIKA (JVOTE)*, 6(1), 20–26. <https://doi.org/10.21009/jvote.v6i1.39435>
- Pangestu, J., Yusro, M., & Djatmiko, W. (2020). *Pembuatan Dry Box Pengatur Kelembaban Otomatis Sebagai Penyimpanan Kamera Dslr Dengan Rfid Berbasis Arduino At Mega 2560*. *JURNAL PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK ELEKTRONIKA (JVOTE)*, 3(2), 35–44. <https://doi.org/10.21009/jvote.v3i2.20050>
- Penelitian dan Pengkajian Elektro, J., Ikrar Yamin, M., & Pakpahan, F. (n.d.). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Akuisisi Data Kondisi Ruangan Laboratorium Kalibrasi Berbasis IoT Dengan ESP32*. <https://doi.org/10.37277/s.v27i2.2605>
- Supriyanto supriyanto, & Nuris Dwi Setiawan. (2025). *Rancang Bangun Sistem Real-Time Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan ESP32*. *Elkom: Jurnal Elektronika Dan Komputer*, 18(1), 447–457. <https://doi.org/10.51903/elkom.v18i1.3064>
- Tri Meri Wulandari, Nur Azizah, & Firman Jaya. (2026). *Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Berlebih Di Ruangan Laboratorium Komputer Berbasis Iot Menggunakan ESP32 dan DHT22*. *Rabit : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 11(1), 1977–1987. <https://doi.org/10.36341/rabit.v11i1.7585>
- Yamin, M. I., Pakpahan, F., Studi, P., Elektro, T., Sains, I., & Teknologi, D. (2025). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Akuisisi Data Kondisi Ruangan Laboratorium Kalibrasi Berbasis IoT Dengan ESP32*. 2, 29–39.