

Rancang Bangun *Early Warning System* Suhu Dan Kelembapan Pada Kubikel 20 Kv Menggunakan *Arduino Wemos D1 R1* Dengan *Google SaaS* Dan *Interfacing Blynk*

Tedy Dwi Hariyanto, Oktriza Melfaze, Bambang Minto Basuki

^{1,2,3} Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Email : ¹21801053050@unisma.ac.id, ²oktrizamelfazen@unisma.ac.id, ³bambang.minto@unisma.ac.id

Abstract

Corona discharge in 20 kV cubicles can damage insulation and internal equipment, resulting in power losses and reduced distribution system efficiency. Therefore, an *early warning system* is needed to support *monitoring*, prevention, and decision-making processes. This study utilizes a *DHT22* temperature and humidity sensor integrated with the *Arduino Wemos D1 R1*. Based on the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method, the temperature reading shows very high accuracy (*error rate* of 0.39%) and the humidity reading is considered good (*error rate* of 14.92%), with excellent sensor precision overall. The data is transmitted and visualized through the *Blynk* application with high visualization and *delay* precision, and logged into *Google Spreadsheet* with acceptable *delay* accuracy. The system includes a *buzzer* as a warning siren when values exceed the predefined thresholds. Notifications are also sent via *email* and *Blynk*, with *delay* times ranging from acceptable to excellent. This system allows users to take immediate mitigation actions when temperature or humidity exceeds the upper threshold limit.

Keywords— 20 kV Cubicle, *Arduino Wemos D1 R1*, *DHT22 Sensor*, *Temperature and Humidity Monitoring*, *Real-Time Notification*.

Abstraksi

Korona pada kubikel 20 kV dapat merusak isolasi dan peralatan di dalamnya, serta menyebabkan rugi daya dan menurunkan efisiensi sistem distribusi. Oleh karena itu, dibutuhkan *early warning system* untuk membantu proses *monitoring*, pencegahan, dan pengambilan keputusan. Penelitian ini menggunakan sensor suhu dan kelembapan *DHT22* yang terintegrasi dengan *Arduino Wemos D1 R1*. Berdasarkan metode MAPE, akurasi pembacaan suhu sangat tinggi (*error* 0,39%) dan kelembapan tergolong baik (*error* 14,92%), serta presisi pembacaan sensor sangat baik. Data dikirim dan ditampilkan ke aplikasi *Blynk* dengan presisi visualisasi dan *delay* yang sangat baik, serta dicatat ke *Google Spreadsheet* dengan *delay* yang cukup baik. Sistem ini juga dilengkapi *buzzer* sebagai *sirine* peringatan saat nilai melebihi ambang batas. Notifikasi juga dikirim melalui *email* dan *Blynk*, dengan waktu *delay* yang masih dalam batas wajar hingga sangat baik. Sistem ini memungkinkan pengguna melakukan mitigasi cepat saat suhu atau kelembapan melebihi ambang batas yang ditentukan.

Kata Kunci— Kubikel 20 kV, *Arduino Wemos D1 R1*, Sensor *DHT22*, Deteksi suhu dan kelembapan,

I. PENDAHULUAN

Gangguan yang terjadi pada kubikel sangat beraneka ragam, begitu pula dengan penyebab gangguan yang terjadi. Penyebab adanya gangguan pada kubikel yang sering terjadi yaitu korona. Korona terbentuk karena suhu dan kelembapan udara dalam kubikel sangat tinggi [1]. Korona ditandai dengan timbulnya cahaya yang berwarna violet muda di sekitar permukaan kawat penghantar yang disertai dengan suara mendesis dan berbau ozon. Korona pada kubikel 20 kV ini dapat mengakibatkan kerusakan isolasi. Kerusakan isolasi yang dimaksud ini adalah pelepasan muatan akibat korona dapat merusak isolasi udara, yang berpotensi merusak peralatan di dalam kubikel. Selain itu, korona ini dapat menyebabkan kerugian daya yang signifikan

dalam sistem distribusi dan mengurangi efisiensi operasional. Sehingga fenomena korona ini harus segera diidentifikasi agar tidak terjadi terhentinya pasokan listrik ke pelanggan dalam skala yang lebih luas [2].

Untuk mengatasi tantangan ini, pendekatan berbeda *delay* diusulkan. Salah satunya adalah pemasangan pemanas (*heater*) di dalam box kubikel untuk mencegah terbentuknya kondensasi akibat fluktuasi suhu. Penggunaan *exhaust fan* juga umum untuk menjaga kondisi internal tetap optimal dan mencegah peningkatan suhu yang berlebihan [3]. Namun, penggunaan *heater* dan *exhaust fan* memerlukan pemantauan suhu yang kontinu dan pengendalian yang tepat waktu. Dalam banyak kasus, pemantauan suhu di dalam kotak kubikel hanya dilakukan selama

pemeliharaan rutin, yang dilakukan secara berkala, biasanya setiap dua tahun atau lebih [3].

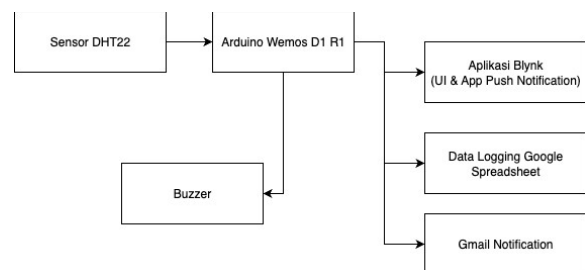
Penelitian Rahman, M.G.A dan Broto, Suwasti (2020) membuat sistem *monitoring* dan pengontrolan sensor *DHT11* dengan mikrokontroler *Wemos D1 Mini* dengan menentukan *set point* tertentu menjalankan relay lalu mengaktifkan *dehumidifier* dan *fan* sampai suhu dan kelembapan mencapai nilai yang ditentukan kemudian akan *off* kembali [4]. Kurniawan, Dhika P (2023) membangun prototipe berbasis mikrokontroler *Arduino Nano* yang terhubung dengan sensor *DHT22* ditampilkan secara *real-time* pada layar *LCD 16x2* dan grafik hasil perolehannya ditampilkan dengan *Interfacing Thingspeak*. Prototipe juga dilengkapi dengan *relay* sebagai *actuator* untuk mengendalikan *heater* di dalam kubikel [5]. Irawati, Amien, M.T., Rosyadi, Furqon (2023) mengimplementasikan sensor *DHT22* untuk mengukur suhu dan kelembapan pada kubikel 20 kV dan sensor *ZMPT101B* untuk mengukur tegangan pada heater yang ada di dalam kubikel 20 kV dan hasil pembacaan dari sensor tersebut akan diproses *Arduino UNO* yang dikirimkan ke internet untuk ditampilkan pada *Firestore* dan *MIT App Inventor* [6]. Shidiq, Fatrhurrohmah (2023) berfokus untuk memantau suhu pada kubikel. Kinerja alatnya berbasis *Arduino uno* untuk melakukan pemrosesan data yang diterima dari sensor suhu *DS18B20*, kemudian data tersebut dikirim kepada *ESP8266-01* yang selanjutnya akan diteruskan menuju aplikasi *Blynk* untuk divisualisasikan dan memberikan peringatan saat suhu tidak normal selain itu juga *Arduino Uno* akan melakukan pengendalian terhadap *buzzer* dan lampu *LED* berdasarkan kondisi tertentu [7]. Sulistiono, Bayu (2024). menggunakan *Arduino Wemos D1 R2* dengan modul WiFi *ESP8266* dengan sensor suhu *DHT22* dan divisualisasikan dengan aplikasi *Blynk* dan *LCD 16x2* dengan hasil penelitian tersebut mencatat bahwa perpaduan komponen tersebut memiliki tingkat akurasi yang baik dengan rata-rata *error* pada pengukuran manual dengan *Blynk* yang mencapai nilai 2,30% sedangkan pengukuran manual dengan nilai yang ditampilkan pada layar *LCD* dengan rata-rata *error* 2,68% [8].

Penelitian ini merupakan pengembangan dari studi sebelumnya yang mayoritas berfokus pada sistem kontrol dan monitoring. Dalam penelitian ini, dirancang prototipe sistem *monitoring* suhu dan kelembapan pada kubikel 20 kV dengan *early warning system* berbasis *Arduino Wemos D1 R1*, sensor *DHT22*, teknologi *Google SaaS* (Software as a Service), dan *Blynk*. Sensor *DHT22* dipilih karena akurasi yang tinggi, dan *Arduino Wemos D1 R1* memungkinkan pengiriman data melalui WiFi secara efisien. Sistem dilengkapi visualisasi data melalui *Blynk*, serta notifikasi dini berupa *buzzer*, *push notification Blynk*, dan *email notification*. Data deteksi dicatat otomatis ke *Google*

Spreadsheet untuk mendukung analisis dan mitigasi. Diharapkan sistem ini mampu meningkatkan kewaspadaan terhadap anomali secara cepat dan *realtime* agar langkah selanjutnya segera dilaksanakan.

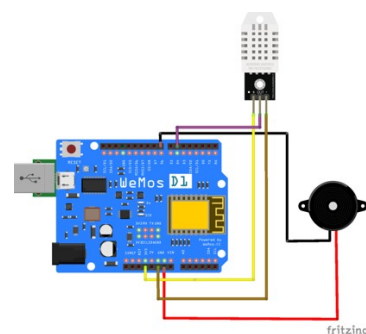
II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode pendekatan rekayasa. Pendekatan ini bertujuan untuk merancang dan *membangun early warning system* yang dapat mendeteksi suhu dan kelembapan pada kubikel 20 kV. Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *prototyping*. Model ini dilakukan dengan cara membuat versi prototipe dari sistem yang akan dibangun dan mempunyai 5 tahapan antara lain analisa, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, dan evaluasi sistem.



Gambar 1. Blok Diagram Alur Data Sistem

Rancang bangun yang akan dilakukan dalam penelitian ini menggunakan sensor *DHT22* sebagai pendeteksi suhu dan kelembapan, *Arduinio Wemos D1 R1* sebagai penerima dan pengirim data hasil deteksi, *Blynk* sebagai *platform* visualisasi dan pengiriman notifikasi aplikasi, pengiriman notifikasi via *email* secara *realtime*, *buzzer alarm*, dan *Google Spreadsheet* sebagai penyimpanan dan *history* hasil deteksi suhu kelembapan.



Gambar 2. Ilustrasi Rangkaian Keseluruhan

rangkaian *Arduino Wemos D1 R1* akan dihubungkan dengan sensor *DHT22* menggunakan *jumper male to female* dengan susunan sebagai berikut.

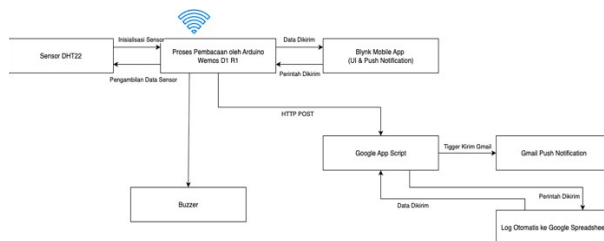
Tabel 1. Susunan Penghubung *Arduino Wemos*

D1 R1 dengan DHT22		
No	Pin	
	DHT22	Arduino Wemos D1 R1
1	Data (out)	D4
2	Gnd (-)	Gnd
3	Vcc (+)	3.3 V

Tabel 2. Susunan Penghubung Arduino Wemos D1 R1 dengan Buzzer

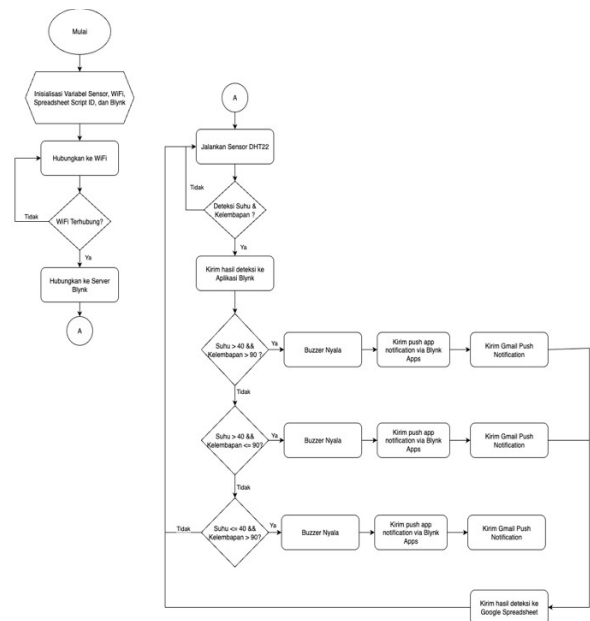
No	Pin	
	Buzzer	Arduino Wemos D1 R1
1	+ (positif)	D6
2	- (negatif)	Gnd

Arduino Wemos D1 R1 yang *delay* terhubung sesuai tabel 1 dan tabel 2 dengan sensor DHT22 dan Buzzer alarm disambungkan ke power supply untuk mengaktifkan rangkaian tersebut.



Gambar 3. Blok Diagram Alur Data Sensor

Pada gambar 3 menampilkan blok diagram alur data sensor. Sensor DHT22 mendeteksi suhu dan kelembapan pada kubikel 20 kV, lalu Arduino Wemos D1 R1 memproses data untuk divisualisasikan di aplikasi Blynk dan mengirim notifikasi saat kondisi tertentu terpenuhi. Data juga dikirim via HTTP Post ke Google Apps Script untuk dicatat otomatis di Google Spreadsheet dan mengirim email notifikasi. Selain itu, buzzer akan berbunyi sebagai peringatan jika suhu atau kelembapan melewati ambang batas.



Gambar 4. Flowchart Sistem

Pada gambar 4 menunjukkan flowchart sistem yang dimulai dari inisialisasi sensor, WiFi, dan koneksi ke Blynk server. Sensor DHT22 mendeteksi suhu dan kelembapan, lalu mengirim hasilnya ke Arduino Wemos D1 R1 untuk ditampilkan di aplikasi Blynk. Jika suhu > 40°C dan kelembapan > 90%, suhu > 40°C dan kelembapan ≤ 90% RH, suhu ≤ 40°C dan kelembapan > 90%, maka sistem akan mengirim push notification melalui Blynk dan email notifikasi melalui Google Apps Script, sesuai jeda waktu yang ditentukan. Data deteksi juga dicatat otomatis ke Google Spreadsheet, dan proses ini diulang setiap 30 detik.

Teknik pengujian *early warning system* ini ada beberapa hal yang diuji yaitu pengujian sistem untuk memastikan sistem dapat berjalan sesuai flowchart, pengujian akurasi pembacaan sensor menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), pengujian presisi pembacaan sensor, pengujian presisi visualisasi ke aplikasi Blynk, pengujian presisi waktu delay visualisasi ke aplikasi Blynk dengan kondisi lingkungan yang berubah, pengujian presisi data logging ke Google Spreadsheet, pengujian akurasi push notification, pengujian presisi push app notification via Blynk, dan pengujian presisi push email notification. Dalam pengujian akurasi pembacaan sensor menggunakan metode MAPE dengan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

- A_i : Nilai referensi dari *thermo-hygrometer*
- F_i : Nilai dari DHT22 yang tercatat di Google

Spreadsheet

- n : Jumlah data

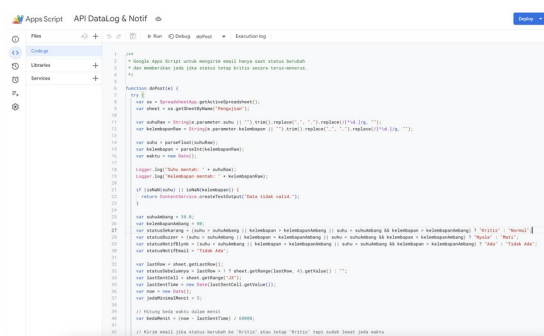
Sedangkan untuk pengujian presisi beberapa menggunakan rumus yaitu *Mean*, Standar Deviasi, Koefisien Variasi. Standar deviasi menunjukkan seberapa besar variasi data terhadap rata-rata yang mana semakin kecil nilainya, data semakin rapat atau presisi tinggi. Koefisien variasi dalam persen membandingkan standar deviasi terhadap rata-rata yang mana semakin kecil persentasenya, semakin tinggi tingkat presisinya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 5 menunjukkan keseluruhan komponen di dalam box yang terdiri dari *Arduino Wemos D1 R1*, *jumper male to female*, sensor *DHT22* dan *buzzer aktif*. *Buzzer* tersebut akan berbunyi saat suhu dan atau kelembapan yang terdeteksi oleh *DHT22* melebihi ambang batasnya. Ambang batas untuk suhu adalah 40°C dan ambang batas untuk kelembapan adalah 90% RH. Namun, khusus saat pengujian, ambang batas suhu dan kelembapan akan disesuaikan lagi agar memudahkan proses pengujian *early warning system*.



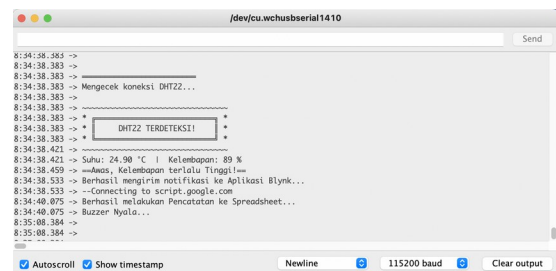
Gambar 5. Keseluruhan Komponen Di Dalam Box



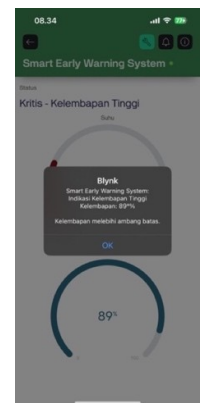
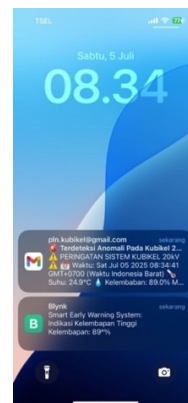
Gambar 6. Pemrograman di Google Apps Script



Gambar 7. Pemrograman Inisialisasi Variabel di Arduino IDE



Gambar 9. Serial Monitor Menampilkan Hasil Deteksi *DHT22* dan Informasi Lainnya



Gambar 10. Push notification dan Visualisasi di Blynk

DATA LOGGING EARLY WARNING SYSTEM

No.	Waktu	Suhu (Celcius)	Kelembapan (% RH)	Status	Buzzer	Blynk Notification	Email Notification
1	75:00:00 & 34:41	25	83	Kritis	Nyala	Ada	Ada
2	75:00:00 & 35:11	25	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
3	75:00:00 & 35:41	25	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
4	75:00:00 & 36:11	25	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
5	75:00:00 & 36:41	25	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
6	75:00:00 & 37:11	26	87	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
7	75:00:00 & 37:41	26	86	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
8	75:00:00 & 38:11	26	85	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
9	75:00:00 & 38:41	26	85	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
10	75:00:00 & 39:11	26	85	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
11	75:00:00 & 39:41	26	84	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
12	75:00:00 & 40:11	26	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
13	75:00:00 & 40:41	27	83	Kritis	Nyala	Ada	Ada
14	75:00:00 & 41:11	26	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
15	75:00:00 & 41:41	26	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
16	75:00:00 & 42:11	26	83	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
17	75:00:00 & 42:41	27	82	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
18	75:00:00 & 43:11	27	82	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
19	75:00:00 & 43:41	27	82	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
20	75:00:00 & 44:11	27	81	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
21	75:00:00 & 44:41	27	81	Kritis	Nyala	Ada	Tidak Ada
22	75:00:00 & 45:11	27	80	Normal	Mati	Tidak Ada	Tidak Ada
23	75:00:00 & 45:41	27	81	Kritis	Nyala	Ada	Ada

DAFTAR EMAIL NOTIFIKASI EARLY WARNING SYSTEM

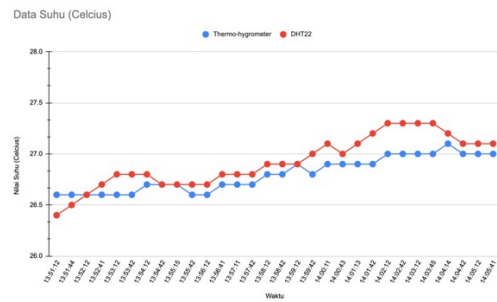
No.	Alamat Email
1	ada.murfat@gmail.com
2	hadihadi@gmail.com
3	sufian.sakur@gmail.com

Gambar 11. Hasil Pencatatan ke *Spreadsheet* dan Pengaturan Alamat *Email*

Pengujian yang pertama yaitu melakukan uji coba sistem secara keseluruhan untuk memastikan sistem ini dapat berjalan sesuai dengan *flowchart* yang *delay* dibuat yaitu gambar 4. Proses dimulai dari inisialisasi variabel, koneksi WiFi dan *Blynk*, serta aktivasi *Buzzer* dan sensor *DHT22*, yang seluruhnya terkonfirmasi melalui *Serial Monitor*. Setelah itu, sensor membaca suhu dan kelembapan, menampilkan hasil ke *Serial Monitor*, aplikasi *Blynk*, dan mencatatnya ke *Google Spreadsheet* via *Google Apps Script*. Jika suhu dan/atau kelembapan melebihi ambang batas, sistem mengirim notifikasi ke *Blynk* dan *email*, sesuai pengaturan jeda di *Spreadsheet*. Secara keseluruhan, sistem berfungsi dengan baik dan sesuai alur *flowchart*, dengan hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 6 hingga 11.



Gambar 12. Thermo-hygrometer Merk Notala



Gambar 13. Grafik Data Suhu Dari *Thermo-hygrometer* dan *DHT22*



Gambar 14. Grafik Data Kelembapan Dari *Thermo-hygrometer* dan *DHT22*

Pada gambar 13 menunjukkan grafik data suhu yang didapatkan dari *thermo-hygrometer* dan sensor *DHT22*. Data suhu tersebut diperoleh dari pukul 13:51:12 WIB sampai pukul 14:05:41 WIB. Garis warna biru menunjukkan garis suhu dari *thermo-hygrometer*. Garis warna merah menunjukkan garis suhu dari sensor *DHT22*. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa jarak perbedaan nilai suhunya sangat pendek

Pada grafik 14 menunjukkan grafik data kelembapan yang didapatkan dari *thermo-hygrometer* dan sensor *DHT22*. Data kelembapan tersebut diperoleh dari pukul 13:51:12 WIB sampai pukul 14:05:41 WIB. Garis warna biru menunjukkan garis kelembapan dari *thermo-hygrometer*. Garis warna merah menunjukkan garis kelembapan dari sensor *DHT22*. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa ada jarak antara garis merah dan biru.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Akurasi Menggunakan Metode MAPE

No.	Mean Absolute Percentage Error (%)	
	Suhu	Kelembapan
1.	0.75	16.88
2.	0.38	16.88
3.	0.00	15.58
4.	0.38	15.58
5.	0.75	15.58
6.	0.75	16.88
7.	0.37	14.29

8.	0.00	14.29
9.	0.00	14.29
10.	0.38	14.29
11.	0.38	16.88
12.	0.37	14.10
13.	0.37	15.38
14.	0.37	12.82
15.	0.37	14.10
16.	0.37	12.82
17.	0.00	14.10
18.	0.75	14.10
19.	0.74	14.10
20.	0.37	15.38
21.	0.74	16.67
22.	1.12	18.99
23.	1.11	17.50
24.	1.11	13.75
25.	1.11	13.75
26.	1.11	13.75
27.	0.37	12.50
28.	0.37	12.50
29.	0.37	15.19
30.	0.37	13.75
Rata-Rata dari Mean Absolute Percentage Error (%)	0.52	14.89
Interpretasi dari Mean Absolute Percentage Error (%)	Sangat Akurat	Akurat

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengukur akurasi sensor DHT22 dalam membaca suhu dan kelembapan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dengan pembanding alat *Thermohygrometer* merk Notale seperti gambar 6. Pengujian berlangsung selama 15 menit dengan total 30 data uji. Dari hasil perhitungan MAPE, diperoleh *error* pembacaan suhu sebesar 0,52% (sangat akurat) dan *error* kelembapan sebesar 14,89% (akurat).

Pengujian presisi dalam pembacaan sensor DHT22 bertujuan mengukur presisi sensor DHT22 berdasarkan 30 data suhu dan kelembapan. Hasilnya, rata-rata suhu tercatat 26,92°C dengan standar deviasi 0,2483 dan kelembapan rata-rata 89,8% RH dengan standar deviasi 0,0172, menunjukkan sebaran data yang rapat. Koefisien variasi suhu sebesar 0,92% dan kelembapan 1,72%, yang menandakan presisi pembacaan sensor sangat baik, konsisten, dan stabil.

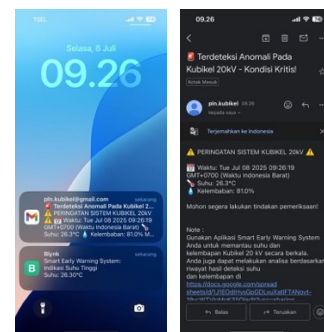
Pengujian akurasi visualisasi hasil deteksi ke aplikasi *Blynk*. Alat dikondisikan dalam lingkungan yang stabil. Pengujian ini menggunakan 20 data uji baik suhu maupun kelembapan. Pada pengujian ini diperoleh data suhu dan kelembapan yang dibaca oleh sensor DHT22 dengan data yang ditampilkan di aplikasi

Blynk tidak ada perbedaan sama sekali atau sama persis. Sehingga presisi dalam perbandingan data yang diperoleh dari pembacaan DHT22 dengan data yang tampil di aplikasi *Blynk* adalah presisi sangat baik dengan hasil yang sama persis dengan data dari pembacaan sensor DHT22.

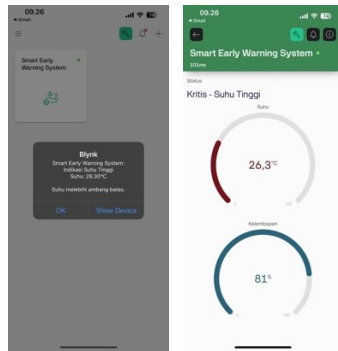
Pengujian tingkat presisi waktu *delay* visualisasi ke aplikasi *Blynk* dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah dari kondisi normal ke panas dengan mendekatkan lilin yang menyala dan diakhiri dengan menjauhkan lilin tersebut. Perubahan kondisi lingkungan ini bertujuan untuk memastikan berapakah waktu *delay*-nya dengan kondisi yang berubah-ubah juga. Dengan 30 data uji suhu dan kelembapan, diperoleh rata-rata *delay* 101,17 milidetik, standar deviasi 0,6477, dan koefisien variasi 0,64%. Hasil ini menunjukkan *delay* sangat stabil dan presisi tinggi, sehingga *Blynk* cocok digunakan untuk sistem monitoring realtime.

Pengujian selanjutnya yaitu mengukur presisi waktu *delay* pencatatan data ke *Google Spreadsheet* dengan membandingkan waktu sukses kirim di *Serial Monitor* dan waktu tercatat di *Spreadsheet*. Dari 20 data uji, diperoleh rata-rata *delay* 2999,73 milidetik (0,05 menit), dengan standar deviasi 558,39 dan koefisien variasi 18,61%. Hasil ini menunjukkan presisi yang cukup baik, meskipun ada variasi yang mungkin disebabkan oleh proses pengiriman data yang kompleks.

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian akurasi *push notification* seperti pada gambar 13 dan gambar 14. Pengujian ini mengevaluasi akurasi *push notification* dengan memeriksa kesesuaian nilai suhu dan kelembapan dalam notifikasi, ketepatan waktu pengiriman saat kondisi kritis, serta tidak adanya notifikasi saat kondisi normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *push app notification* via *Blynk* selalu terkirim saat status berubah menjadi "Kritis" akibat suhu melebihi ambang batas. Sementara itu, *push email notification* hanya dikirim jika perubahan status dari "Normal" ke "Kritis" terjadi atau jika kondisi kritis berlangsung terus menerus selama minimal 5 menit. Dengan demikian, sistem terbukti memiliki akurasi notifikasi yang sangat baik.



Gambar13. Push App & Email Notification Beserta Detail Email-nya



Gambar 14. Detail *App Notification* dan Visualisasi Data Hasil Deteksi di Aplikasi *Blynk*

Pengujian presisi *delay push app notification* dengan menurunkan ambang batas suhu dan kelembapan agar sesuai dengan kondisi cuaca mendung. Pengujian dilakukan secara manual menggunakan *online live times*. Hasilnya menunjukkan rata-rata *delay* sebesar 1 detik, dengan standar deviasi dan koefisien variasi masing-masing 1%. Hal ini menunjukkan *delay* notifikasi terjadi secara konsisten dan stabil antara waktu notifikasi dikirim di *Serial Monitor* dan diterima di *smartphone* pengguna.

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian presisi waktu *delay push email notification* dengan mencatat waktu di *Serial Monitor* dan waktu munculnya notifikasi *email* di *smartphone*. Hasil menunjukkan rata-rata *delay* sebesar 4 detik, dengan standar deviasi dan koefisien variasi yang sama. *Delay* ini dinilai wajar mengingat proses pengiriman data dari *Arduino* ke *Google Spreadsheet* hingga *email*, dan tetap tergolong stabil serta tidak mengganggu alur sistem.

9:10:24	26.1	85	Kritis	Ada	Ada
9:10:50	26.1	83	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:11:20	26.1	81	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:11:50	26.1	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:12:20	26.2	83	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:12:50	26.2	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:13:20	26.2	83	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:13:51	26.2	83	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:14:21	26.2	83	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:14:50	26.2	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:15:22	26.3	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:15:51	26.3	82	Kritis	Ada	Ada
9:16:21	26.3	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:16:50	26.3	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:17:20	26.3	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:18:20	26.3	81	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:19:20	26.2	81	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:19:50	26.2	81	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:20:21	26.1	81	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:20:51	26.1	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:21:20	26	82	Normal	Tidak	Tidak
				Ada	Ada
9:21:50	26	83	Normal	Tidak	Tidak
				Ada	Ada
9:22:20	26.1	83	Kritis	Ada	Ada
9:22:50	26.1	80	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:23:20	26.1	81	Kritis	Ada	Tidak
					Ada
9:23:50	26.1	82	Kritis	Ada	Tidak
					Ada

Tabel 4. Hasil Deteksi Sensor *DHT22* dan Status *Push Notification*-nya

Waktu (Jj:Mm:Dd)	SUH U (°C)	Kele mbap an (% Rh)	Status	Push App Notific ation	Push EMAI L NOTI FICA TION
9:08:21	25.8	82	Normal	Tidak	Tidak
9:08:51	25.9	83	Normal	Ada	Ada
9:09:22	26.0	83	Normal	Tidak	Tidak
9:09:51	26.0	84	Normal	Ada	Ada

Pengujian akhir dilakukan di lingkungan nyata, yaitu kubikel 20 kV. *Early warning system* berhasil mendeteksi suhu dan kelembapan secara *real-time* menggunakan *Arduino Wemos D1 R1*, sensor *DHT22*, *Google SaaS*, dan *Blynk*. Selama satu hari pengujian, suhu tercatat antara 37–38°C dan kelembapan antara 61–69% RH, dengan rata-rata suhu 38°C dan kelembapan 65% RH. Tidak ada notifikasi yang dikirim karena nilai masih di bawah ambang batas. Sistem berfungsi baik, namun stabilitas jaringan WiFi perlu dijaga agar pengiriman data dan notifikasi tetap cepat dan andal. Selain itu, keandalan dan akurasi hasil deteksi beserta kecepatan pengiriman notifikasi saat kondisi tertentu, menjadikan sistem ini layak digunakan sebagai

solusi *early warning* yang memantau kondisi suhu dan kelembapan pada kubikel.

IV. KESIMPULAN

Sistem *early warning* ini dirancang untuk memantau suhu dan kelembapan pada kubikel 20 kV menggunakan *DHT22* dan *Arduino Wemos D1 R1*, dengan output visualisasi di *Blynk*, pencatatan ke *Google Spreadsheet*, serta notifikasi melalui *buzzer*, *Blynk App*, dan *email* saat melewati ambang batas. Pengujian menunjukkan akurasi sangat baik dengan *error* suhu 0,52% dan *error* kelembapan 14,89% serta presisi tinggi dengan koefisien variasi suhu 0,92% dan kelembapan 1,72%. Visualisasi dan notifikasi juga sangat presisi, termasuk *delay* ke *Blynk* dengan koefisien variasi sebesar 0,64% dan *email* 4% sehingga dengan *delay* stabil sehingga cocok untuk sistem monitoring *real-time*. Meski *delay* pencatatan ke *Spreadsheet* agak tinggi sebesar 18,61%, namun keseluruhan sistem bekerja efektif dan andal untuk *monitoring real-time*, mendukung kewaspadaan, analisis, dan pengambilan keputusan di kubikel 20 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. C. Rahmono, "Studi Perhitungan Tegangan Back Flashover Di Terminal Isolator Pada Sutet 275 Kv Bengkayang-Mambong Akibat Sambaran Petir Langsung," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, Vol. 1, 2019.
- [2] S. Sriyadi, A. Pangestu, S. Wilyanti, R. R. Al Hakim, And D. J. Vresdian, "Prototipe Alat Pendeteksi Korona Sebagai Proteksi Kubikel Keluaran 20 Kv Pelanggan Tegangan Menengah," *J. Sos. Teknol.*, Vol. 1, No. 5, Pp. 366–375, May 2021, Doi: 10.36418/Jurnalsostech.V1i5.96.
- [3] M. Ariandi And Y. R. Oktaria, "Prototipe Sistem *Monitoring* Dan Kendali Suhu Box Kubikel 20 Kv Berbasis Long Range (Lora)," *J. Media Inform. Budidarma*, Vol. 7, No. 4, P. 1678, Oct. 2023, Doi: 10.30865/Mib.V7i4.6796.
- [4] Moch. G. A. Rahman And S. Broto, "Perancangan Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembapan Udara Pada Kubikel 20kv Berbasis Internet Of Things (Iot)," *J. Maest.*, Vol. 3, P. 2, Oktober 2020.
- [5] K. Dhika Pahleva, "Rancang Bangun Prototipe Sistem *Monitoring* Dan Kontrol Suhu Kelembapan Pada Kubikel 20 Kv Dengan Interfacing Thingspeak," Universitas Diponegoro, 2023. [Online]. Available: <https://Eprints2.Undip.Ac.Id/Id/Eprint/17181>
- [6] Irawati, M. T. Amien, E. Sumarno, And R. Furqon, "Prototipe *Monitoring* Suhu Dan Kelembapan Pada Kubikel 20 Kv Berbasis Iot," *J. Ilm. Tek. Elektro*, Vol. 25, P. 3, Jul. 2023, Doi: 10.14710/Transmisi.25.3.103-114.
- [7] F. Shidiq, "Rancang Bangun Warning System Suhu Kubikel 20kv Berbasis Iot," Universitas Diponegoro, 2023. [Online]. Available: https://Eprints2.Undip.Ac.Id/Id/Eprint/17185/1/S_Fathurrohman%20shidiq.Pdf
- [8] B. Sulistiono, "Sistem *Monitoring* Temperatur Dan Humidity Pada Ruang Terminasi Kubikel 20 Kv Gardu Bandar Udara Soekarno-Hatta," Universitas Sangga Buana Ykpkp Bandung, Bandung, 2024.
- [9] J. A. P. Nugraha And A. H. Iwan, *Menguasai Arduino: Inspirasi Proyek-Proyek Arduino Bagi Pemula*. 2024.
- [10] D. Artanto, *Interface Sensor Dan Aktuator Menggunakan Proteus, Arduino, Dan Labview*, 1st Ed. Yogyakarta: Deepublish, 2017.
- [11] S. I, "Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Sistem Monitoring Dan Kontrol Jarak Jauh Pada Sistem Kompos Pintar Berbasis Iot," *Electrician*, Vol. 15, No. 1, Pp. 1–11, 2021, Doi: 10.23960/Elc.V15n1.2158.
- [12] M. S. Chawla, D. Prakash, And S. Jindal, "Design Of System For Measuring Air Properties For Help During Covid-19 Scenario," *Materials Today: Proceedings*, P. 45, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.987>
- [13] D. C. Montgomery, *Introduction Of Statistical Quality Control*, 6th Ed. 2009.