

Monitoring Ruang Penyimpanan Koleksi Karya Seni Rupa Berbasis Internet of Things (IoT) Sebagai Upaya Konservasi Budaya di Bidang Seni

Onang Murtiyoso^{*1}, Juni Amanullah², Nuris Dwi Setiawan³, Citra Belinda⁴

^{1,2,4}Fakultas Bahasa Dan Seni Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Kec. Gn. Pati, Semarang.

³Universitas Stekom, Jl. Majapahit no. 605, Kec. Pedurungan, Semarang

e-mail: *¹emailonang@mail.unnes.ac.id, ²juni_amanullah@unnes.ac.id, ³Setyawan_dw@stekom.ac.id,
⁴citrabelinda@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis manajemen risiko pada koleksi karya seni rupa di ruang penyimpanan. Manajemen risiko memiliki peran penting dalam mengidentifikasi, mencegah, dan menangani potensi kerusakan pada koleksi. Penting bagi pengelola karya seni rupa untuk menerapkan manajemen risiko yang efektif, karena mereka bertanggung jawab atas pemeliharaan, penyajian, dan perlindungan koleksi tersebut. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Pelestarian koleksi seni rupa dapat dijaga dengan baik melalui penetapan prioritas dalam penanganan kerusakan. Proses manajemen risiko ini melibatkan langkah-langkah seperti pemilihan konteks, identifikasi, analisis, evaluasi, dan penanganan risiko yang disesuaikan dengan faktor-faktor penyebab kerusakan. Dari hasil observasi awal, ditemukan berbagai agen penyebab kerusakan, seperti tekanan fisik, kelembapan, suhu, polutan, air, dan disosiasi. Kelembapan dan suhu ruangan merupakan faktor utama yang dapat merusak karya seni rupa bersejarah. Dengan kemajuan teknologi Internet of Things (IoT), berbagai sensor yang terhubung ke internet dapat digunakan untuk memantau kondisi ruangan secara real-time dari mana saja dan kapan saja. Salah satu aplikasinya adalah pemantauan suhu dan kelembapan ruangan, sehingga suhu ruang penyimpanan karya seni bersejarah dapat dipantau dan dampak kerusakan dapat diminimalisir.

Kata kunci: Karya seni rupa, suhu, kelembapan, IoT

Abstract

This study aims to analyze risk management in fine art collections in storage rooms. Risk management plays an important role in identifying, preventing, and handling potential damage to collections. It is important for fine art managers to implement effective risk management, because they are responsible for the maintenance, presentation, and protection of the collection. This study uses a qualitative method with a case study approach. The preservation of fine art collections can be maintained well by setting priorities in handling damage. This risk management process involves steps such as context selection, identification, analysis, evaluation, and handling of risks that are adjusted to the factors causing damage. From the results of initial observations, various agents causing damage were found, such as physical pressure, humidity, temperature, pollutants, water, and dissociation. Humidity and room temperature are the main factors that can damage historical works of art. With the advancement of Internet of Things (IoT) technology, various sensors connected to the internet can be used to monitor room conditions in real time from anywhere and at any time. One of the applications is monitoring room temperature and humidity, so that the temperature of the storage room for historical works of art can be monitored and the impact of damage can be minimized.

Keywords : Fine art, temperature, humidity, IoT

1. PENDAHULUAN

Kerusakan pada karya seni rupa dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang terbagi menjadi dua kelompok: faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal bergantung pada jenis material yang digunakan dalam karya seni tersebut. Pemilihan material berkualitas tinggi dapat memperlambat proses kerusakan, sementara material yang kurang berkualitas cenderung mempercepat kerusakan. Selain itu, faktor eksternal seperti iklim juga mempengaruhi kualitas karya seni. Oleh karena itu, penting untuk menempatkan karya seni dalam ruangan dengan kondisi ideal, yaitu suhu antara 20°C hingga 24°C dan

kelembapan antara 45% hingga 60%. Pencahayaannya yang tidak tepat dapat merusak karya seni, tergantung pada intensitas, durasi paparan, dan sensitivitas material terhadap cahaya. Serangan serangga, jamur, dan binatang pengerat merupakan faktor biota yang dapat menyebabkan kerusakan parah. Getaran atau vibrasi yang disebabkan oleh lalu lintas kendaraan, kereta api, atau pesawat terbang juga dapat merusak karya seni. Selain itu, polusi udara, khususnya gas sulfur dioksida dari proses pembakaran, dapat meninggalkan noda yang sulit dihilangkan pada karya seni.

Pelestarian karya seni bertujuan untuk melindungi koleksi dari kerusakan melalui upaya perawatan dan konservasi, termasuk pemeliharaan, perbaikan, dan reproduksi. Pelestarian diperlukan untuk menjaga koleksi agar tetap awet dan tidak rusak seiring waktu. Salah satu cara untuk melestarikan karya seni adalah dengan melakukan tindakan pencegahan terhadap kerusakan, termasuk menjaga suhu dan kelembapan ruangan. Cuaca yang tidak stabil dapat mempengaruhi kondisi suhu dan kelembapan, sehingga pemantauan berkala diperlukan. Namun, pemantauan manual secara berkala memakan waktu dan bisa sulit dilakukan. Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) menjadi solusi, dengan memanfaatkan berbagai sensor suhu dan kelembapan yang terhubung ke internet, memungkinkan pemantauan kondisi ruangan secara real-time kapan saja dan dari mana saja.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa metode untuk menganalisis tata kelola risiko penyimpanan koleksi karya seni rupa berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai upaya konservasi budaya. Metode yang digunakan meliputi:

- a. Studi Kasus: Mengidentifikasi institusi yang telah menerapkan IoT dalam pengelolaan risiko penyimpanan karya seni dan menganalisis keberhasilan serta tantangan yang dihadapi.
- b. Survei dan Wawancara: Melakukan survei dan wawancara dengan para ahli dan manajer terkait implementasi teknologi IoT dalam konservasi seni.
- c. Analisis Dokumen: Mengumpulkan dan menganalisis dokumen terkait tata kelola risiko dan kebijakan penyimpanan koleksi seni di berbagai institusi.
- d. Pemodelan dan Simulasi: Membuat model atau simulasi untuk memprediksi risiko penyimpanan karya seni dan dampak dari penggunaan IoT.
- e. Pengamatan Langsung: Mengamati langsung penerapan IoT dalam pengelolaan dan penyimpanan karya seni.

Penelitian dilakukan di galeri B9 Seni Rupa FBS UNNES Semarang, yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan koleksi karya seni rupa.

2.1. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini mengumpulkan data dari:

- a. Sumber Primer: Studi kasus implementasi IoT dalam pengelolaan koleksi seni, serta wawancara dengan ahli seni rupa dan kurator.
- b. Sumber Sekunder: Literatur pendukung seperti jurnal ilmiah, artikel, buku, dan dokumen terkait.

2.2. Teknik pengumpulan data meliputi:

- a. Observasi Langsung: Mengamati ruang penyimpanan karya seni untuk mengevaluasi kondisi fisik dan infrastruktur.
- b. Wawancara Mendalam: Melakukan wawancara dengan informan kunci untuk mendapatkan informasi mendalam.
- c. Studi Dokumenter: Menelaah dokumen terkait permasalahan penelitian dan sumber pustaka.

Untuk meningkatkan validitas data, penelitian ini menggunakan teknik triangulasi dengan memanfaatkan berbagai sumber data yang berbeda.

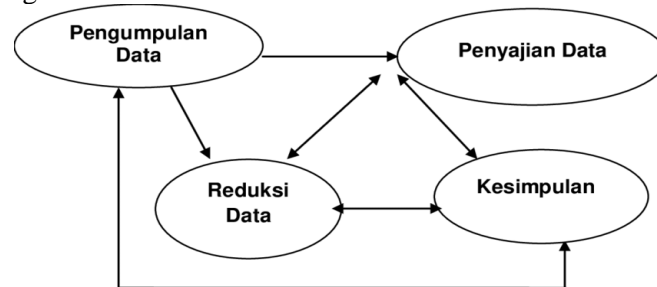
2.3. Analisis Data

Analisis data digunakan dalam kerangka pendekatan kualitatif dengan tujuan mencoba melakukan “penteorian di lapangan” dengan mengumpulkan data yang diarahkan secara strategis melalui pengembangan teori. Pengembangan teori dan pengumpulan data ini terkait secara dialektis (Rohidi, 1993). Bersamaan dengan proses pengumpulan data dilakukan analisis data dengan mereduksi dan membuat klasifikasi melalui analisis domain, taksonomi, dan komponensial, serta penemuan tema-tema untuk mendeskripsikan secara menyeluruh dan menampilkan makna dari focus penelitian.

Penggambaran yang meluas dari tema yang dikemukakan itu, akhirnya memperlihatkan interaksi dari perspektif emik-etik atau sebaliknya (Spradley, 1980)

Proses analisis data mencakup tiga alur kegiatan sebagai suatu sistem,

yaitu reduksi data, sajian data, dan penarikan kesimpulan. Ketiga komponen analisis tersebut aktivitasnya dilakukan dalam bentuk interaktif dengan proses pengumpulan data sebagai suatu proses siklus (Milles & Huberman, 1992). Analisis model interaktif yang dikembangkan Milles dan Huberman dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Analisis Data Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Monitoring suhu dan kelembapan menggunakan modul ESP8266 merupakan salah satu aplikasi teknologi *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time. ESP8266 adalah modul Wi-Fi yang digunakan untuk menghubungkan perangkat ke internet, memungkinkan perangkat untuk mengirimkan dan menerima data dari jarak jauh.

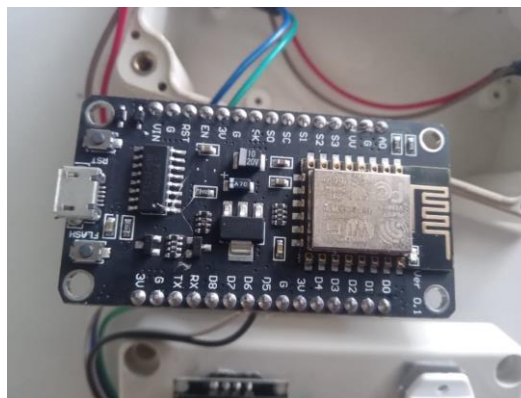
3.1. Langkah-Langkah Monitoring Suhu dan Kelembapan :

- a. Pengaktifan Sistem: Ketika sistem monitoring diaktifkan, modul ESP8266 mulai bekerja. Modul ini dihubungkan dengan sensor suhu dan kelembapan, seperti DHT11 atau DHT22, yang bertugas untuk mengukur kondisi suhu dan kelembapan di lingkungan sekitar.
- b. Pengukuran Data: Sensor suhu dan kelembapan yang terhubung dengan ESP8266 secara otomatis mengukur data lingkungan secara berkala. Data ini kemudian dikirim ke ESP8266 untuk diproses dan dikirimkan ke perangkat penerima atau platform monitoring, seperti aplikasi smartphone, dashboard web, atau server cloud.
- c. Tampilan Informasi: Setelah data suhu dan kelembapan dikumpulkan oleh sensor, informasi tersebut akan ditampilkan dalam bentuk tulisan di layar atau perangkat output yang terhubung. Informasi ini biasanya mencakup:
 - d. Suhu Ruangan: Ditampilkan dalam satuan derajat Celsius (°C) atau Fahrenheit (°F).
 - e. Kelembapan Ruangan: Ditampilkan dalam persentase (%).
- f. Pengiriman Data ke Server: Jika terhubung ke internet melalui Wi-Fi, modul ESP8266 dapat mengirimkan data suhu dan kelembapan ini ke server atau cloud untuk penyimpanan atau analisis lebih lanjut. Pengguna dapat memantau data tersebut secara real-time dari perangkat lain yang terhubung ke internet.
- g. Notifikasi dan Alarm: Sistem ini juga dapat diprogram untuk mengirimkan notifikasi atau alarm jika suhu atau kelembapan melebihi batas tertentu. Ini sangat berguna untuk menjaga lingkungan sensitif, seperti ruang penyimpanan karya seni, di mana kondisi suhu dan kelembapan yang stabil sangat penting.
- h. Antarmuka Pengguna: Hasil monitoring dapat ditampilkan pada berbagai antarmuka pengguna, seperti layar LCD kecil yang terhubung langsung dengan ESP8266, atau aplikasi smartphone dan dashboard web yang memungkinkan akses dan pengelolaan data dari jarak jauh.
- i. Peringatan ; peringatan kondisi dibawah ambang batas akan dikirimkan melalui aplikasi berbagi pesan Telegram.



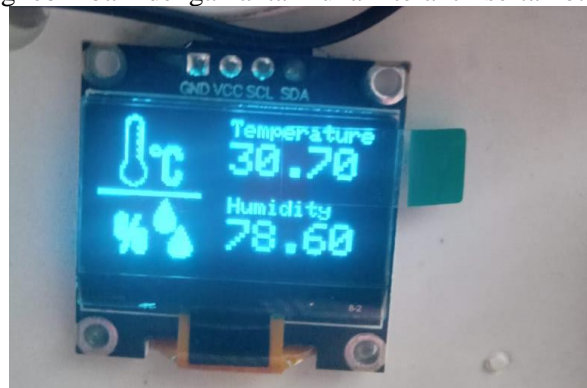
Gambar 2. Prototype Monitoring suhu dan kelembaban ruang simpan.

Alat terdiri dari rangkaian ESP8266 Sebuah papan mikrokontroler berbasis ESP8266 yang berfungsi sebagai pemroses data berdasarkan perintah yang diberikan oleh sensor, ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 3. Komponen ESP8266

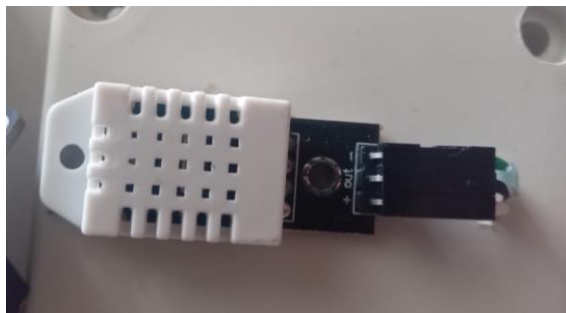
Menggunakan OLED pada sistem monitoring suhu dan kelembaban dengan ESP8266 dan sensor DHT22 memiliki beberapa manfaat signifikan, termasuk visualisasi data real-time, konsumsi daya rendah, tampilan kontras tinggi, dan ukuran kompak. OLED memungkinkan pemantauan langsung tanpa perangkat tambahan dan mendukung desain perangkat yang lebih portabel. Integrasinya dengan ESP8266 mudah dilakukan, mendukung pemantauan tanpa koneksi internet, dan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik dengan antarmuka interaktif serta notifikasi visual langsung.



Gambar 4. Tampilan Oled

DHT22 memberikan manfaat signifikan pada sistem monitoring suhu dan kelembaban dengan ESP8266 karena memiliki akurasi tinggi dalam pengukuran suhu dan kelembaban, serta rentang pengukuran yang luas. Sensor ini mudah diintegrasikan dengan ESP8266 melalui antarmuka digital, memungkinkan pengukuran data secara real-time dan efisien. DHT22 juga memiliki konsumsi daya yang rendah, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang menggunakan sumber daya terbatas. Dengan respon cepat dan stabilitas jangka panjang, DHT22 meningkatkan keandalan sistem monitoring,

memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan dengan presisi tinggi.



Gambar 5. Sensor DHT22

Chatbot Telegram untuk monitoring suhu dan kelembapan ruang penyimpanan karya seni lukisan adalah inovasi berbasis Internet of Things (IoT) yang memadukan teknologi komunikasi real-time dengan sensor lingkungan. Chatbot Telegram memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi ruang penyimpanan dari mana saja selama mereka memiliki akses ke Telegram. Ini memberi fleksibilitas tinggi kepada pengelola galeri atau museum dalam mengawasi kondisi penyimpanan karya seni tanpa perlu berada di tempat secara fisik.



Gambar 5. Chatboot Telegram

3.2 Uji Coba Alat

Setelah melakukan perancangan dan perakitan, uji coba alat yang telah dibuat apakah sudah sesuai dengan kinerjanya, yang terdiri dari uji sensor DHT22, uji tampilan OLED, Uji Buzzer, Uji coba chatboot Telegram.

a. Uji Coba Sensor DHT22

Untuk sistem monitoring suhu dan kelembabapan ruangan yang baik, diperlukan akurasi sensor yang tinggi, untuk menguji hal tersebut penulis melakukan uji coba dengan membandingkan hasil sensor dengan alat pengukur suhu dan kelembaban yang ditempatkan pada ruangan yang sama.

Tabel. 1. Hasil Uji Coba Sensor DHT22
(Sumber : Penulis, 2024)

No	Sensor DHT22		Pengukur Temperature dan Humidity	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
1.	34.4 °C	71.20%	34.1 °C	71.42%
2.	26.1 °C	72.10%	25.9 °C	72.22%
3.	24.2 °C	78.08%	24.4 °C	78.26%

No	Sensor DHT22		Pengukur Temperature dan Humidity	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
4.	25.6 °C	72.06%	25.2 °C	72.08%
5.	27.4 °C	68.07%	27.6 °C	68.12%
6.	36.1 °C	66.08%	36.5 °C	66.14%
7.	38.3 °C	62.14%	37.8 °C	62.08%
8.	23.8 °C	68.02%	24.1 °C	68.08%
9.	24.2 °C	66.01%	24.5 °C	66.18%
10.	28.2 °C	64.08%	27.9 °C	64.12%

Setelah di uji coba menggunakan 10 percobaan waktu dan lokasi yang berpindah-pindah menunjukkan hasil yang sangat baik, dalam hasil uji coba pada tabel 4.1. menunjukkan bahwa sensor DHT22 tidak menunjukan selisih nilai yang tinggi dan dapat dikategorikan mempunyai akurasi yang tinggi.

b. Uji Coba Oled

Tabel 2. Hasil Uji Coba Tampilan Oled
(Sumber : Penulis, 2024)

No.	Suhu	Kelembaban	Status Oled
1.	34.4 °C	71.20%	Tampil
2.	26.1 °C	72.10%	Tampil
3.	24.2 °C	78.08%	Tampil
4.	25.6 °C	72.06%	Tampil
5.	27.4 °C	68.07%	Tampil
6.	36.1 °C	66.08%	Tampil
7.	38.3 °C	62.14%	Tampil
8.	23.8 °C	68.02%	Tampil
9.	24.2 °C	66.01%	Tampil
10.	28.2 °C	64.08%	Tampil

Setelah dilakukan uji coba tampilan pada Oled dari 10 percobaan nilai suhu dan kelembaban dapat tampil 100%.

c. Uji Coba Buzzer

Tabel.3. Hasil Uji Coba Buzzer
(Sumber : Penulis, 2024)

No.	Suhu	Kelembaban	Status Buzzer
1.	34.4 °C	71.20%	Aktif
2.	26.1 °C	72.10%	Aktif
3.	24.2 °C	78.08%	Aktif
4.	25.6 °C	72.06%	Aktif
5.	27.4 °C	68.07%	Aktif
6.	36.1 °C	66.08%	Aktif
7.	38.3 °C	62.14%	Aktif
8.	23.8 °C	68.02%	Non Aktif
9.	24.2 °C	66.01%	Non Aktif
10.	28.2 °C	64.08%	Non Aktif

Setelah dilakukan uji coba sebanyak 10 kali dengan kondisi suhu dan kelembaban yang berbeda, didapatkan hasil bahwa Buzzer berfungsi dengan baik apabila suhu ruangan diatas dari 30% maka Buzzer akan aktif, jika Kelembaban diatas 70% maka Buzzer akan aktif, namun jika suhu ruangan dan kelembaban berada dibawah ambang batas maka Buzzer tiak aktif.

d. Uji Coba Chatboot Telegram

Tabel 4. Hasil Uji Coba Chatboot Telegram
(Sumber : Penulis, 2024)

No.	Suhu	Kelembaban	Chatboot Telegram	Delay
1.	34.4 °C	71.20%	Tampil	00.06
2.	26.1 °C	72.10%	Tampil	00.08

No.	Suhu	Kelembaban	Chatboot Telegram	Delay
3.	24.2 °C	78.08%	Tampil	00.06
4.	25.6 °C	72.06%	Tampil	00.08
5.	27.4 °C	68.07%	Tampil	00.06
6.	36.1 °C	66.08%	Tampil	00.07
7.	38.3 °C	62.14%	Tampil	00.05
8.	23.8 °C	68.02%	Tampil	00.08
9.	24.2 °C	66.01%	Tampil	00.07
10.	28.2 °C	64.08%	Tampil	00.06

Setelah dilakukan uji coba sebanyak 10 kali dengan kondisi suhu dan kelembaban yang berbeda, didapatkan hasil bahwa pada aplikasi *Telegram* tampil dengan baik, namun tampilan pada chatboot mempunyai Delay diatas dari 5 detik.

e. Uji Coba Alat

Tabel.5. Hasil Uji Alat
(Sumber : Penulis, 2024)

No.	Suhu	Kelembaban	Oled	Buzzer	Tampilan Telegram	Delay
1.	34.4 °C	71.20%	Tampil	Aktif	Tampil	00.06
2.	26.1 °C	72.10%	Tampil	Aktif	Tampil	00.08
3.	24.2 °C	78.08%	Tampil	Aktif	Tampil	00.06
4.	25.6 °C	72.06%	Tampil	Aktif	Tampil	00.08
5.	27.4 °C	68.07%	Tampil	Aktif	Tampil	00.06
6.	36.1 °C	66.08%	Tampil	Aktif	Tampil	00.07
7.	38.3 °C	62.14%	Tampil	Aktif	Tampil	00.05
8.	23.8 °C	68.02%	Tampil	Non Aktif	Tampil	00.08
9.	24.2 °C	66.01%	Tampil	Non Aktif	Tampil	00.07
10.	28.2 °C	64.08%	Tampil	Non Aktif	Tampil	00.06

Hasil uji coba pada tabel 5, menggunakan 10 percobaan waktu dan lokasi yang berpindah-pindah menunjukkan hasil yang sangat baik, dalam hasil uji coba pada tabel 4.5. menunjukkan bahwa sensor DHT22 tidak menunjukan selisih nilai yang tinggi dan dapat dikategorikan mempunyai akurasi yang tinggi, Oled dapat menampilkan hasil uji coba dengan baik, Buzzer berfungsi dengan baik apabila suhu ruangan diatas dari 30% maka Buzzer akan aktif, jika Kelembaban diatas 70% maka Buzzer akan aktif, namun jika suhu ruangan dan kelembaban berada dibawah ambang batas maka Buzzer tiak aktif, didapatkan hasil bahwa pada *Chatboot Telegram* tampil dengan baik, namun tampilan pada Telegram mempunyai Delay diatas dari 5 detik.

4. KESIMPULAN

Dari uraian rangkaian mulai dari proses perancangan, pembuatan dan pengujian yang telah dilakukan dalam rangka penyusunan laporan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan penting dalam kaitannya pada perancangan alat ini antara lain :

1. Sistem pengawasan kelembapan dan suhu ruangan secara realtime dapat bekerja dengan baik dapat dilihat dari hasil uji coba, Setelah di uji coba menggunakan 10 percobaan waktu dan lokasi yang berpindah-pindah menunjukkan hasil yang sangat baik, dalam hasil uji coba pada tabel 4.1. menunjukkan bahwa sensor DHT22 tidak menunjukan selisih nilai yang tinggi dan dapat dikategorikan mempunyai akurasi yang tinggi.
2. Sistem pengawasan yang dapat memantau kondisi suhu dan kelembapan ruang penyimpanan karya lukis. Menggunakan 10 percobaan waktu dan lokasi yang berpindah-pindah menunjukkan hasil yang sangat baik, dalam hasil uji coba pada tabel 4.5. menunjukkan bahwa sensor DHT22 tidak menunjukan selisih nilai yang tinggi dan dapat dikategorikan mempunyai akurasi yang tinggi, Oled dapat menampilkan hasil uji coba dengan baik, Buzzer berfungsi dengan baik apabila suhu ruangan diatas dari 30% maka Buzzer akan aktif, jika Kelembaban diatas 70% maka Buzzer akan aktif, namun jika suhu ruangan dan kelembaban berada dibawah ambang batas maka Buzzer tiak aktif, didapatkan hasil bahwa pada *Chatboot Telegram* tampil dengan baik, namun tampilan pada Chatboot Telegram mempunyai Delay diatas dari 5 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahad, M., Shafique, M. A., & Sajid, M. (2019). IoT-based Smart System for Environmental Monitoring and Control of Museums. *International Journal of Computer Applications*, 178(29), 31-38. <https://doi.org/10.5120/ijca2019918075>
- [2] Hasan, M. R., & Tarek, M. R. (2020). Intelligent Museum Management System Using IoT and Cloud Technologies. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(3), 1139-1150. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01355-4>
- [3] Hwang, M. Y., & Park, J. H. (2021). Development of IoT-Based Smart Conservation System for Cultural Heritage Preservation. *Journal of Cultural Heritage*, 47, 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.12.005>
- [4] Khan, M. A., & Ahmed, S. A. (2022). IoT-Enabled Environmental Monitoring for Artifacts Preservation. *Sensors*, 22(4), 1234. <https://doi.org/10.3390/s22041234>
- [5] Lee, K. W., & Kim, S. J. (2021). Smart Museum Management: IoT-Based Monitoring and Control Systems for Cultural Artifacts. *IEEE Access*, 9, 40612-40623. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3064850>
- [6] Lin, C. H., & Chen, T. Y. (2020). Enhancing Museum Artifact Preservation through IoT Technology. *Journal of Building Performance*, 11(4), 61-68. <https://doi.org/10.3803/jbp.2020.11.4.61>
- [7] Martinez, J. M., & Martinez, A. M. (2022). Real-Time Environmental Monitoring for Museum Exhibitions Using IoT Devices. *Museum Management and Curatorship*, 37(2), 209-225. <https://doi.org/10.1080/09647775.2022.2025831>
- [8] Oberle, M., & Becker, J. (2019). Integrating IoT Technologies in Museum Management Systems for Improved Artifact Preservation. *Computers in Industry*, 108, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.03.005>
- [9] Rashid, M. A., & Zubair, A. (2021). IoT-Based Environmental Control for Art and Historical Artifacts. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications*, 11(1), 45-55. <https://doi.org/10.21307/ijdiwc-2021-007>
- [10] Santos, J. B., & Lima, P. F. (2020). A Novel IoT System for Monitoring and Controlling Museum Environments. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 10(1), 34-45. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-06-2019-0055>
- [11] Sinha, S., & Kumar, R. (2021). IoT-Enabled Museum Management Systems for Enhanced Conservation Practices. *Heritage Science*, 9(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00453-2>
- [12] Sun, X., & Xu, M. (2020). IoT-Based Real-Time Monitoring for Cultural Heritage Preservation. *Journal of Smart Cities*, 3(2), 112-126. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2780-7>
- [13] Wang, Z., & Zhang, L. (2021). Cloud-Based IoT Solutions for Museum Artifact Management. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 10(1), 14-23. <https://doi.org/10.1186/s13677-021-00218-8>
- [14] Yang, J., & Zhao, Q. (2019). Intelligent Artifact Management Using IoT Technologies: A Case Study in Museums. *Computers & Electrical Engineering*, 74, 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2018.09.014>
- [15] Zhou, Y., & Liu, B. (2022). Implementing IoT-Based Solutions for Cultural Heritage Conservation: Challenges and Opportunities. *Journal of Cultural Heritage*, 48, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.11.002>