

PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBAPAN PADA GUDANG (WAREHOUSE) BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SENSOR DHT11

Fahmi Buchori¹, Mufti²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, DKI Jakarta, Indonesia

Email: ¹1911530127@student.budiluhur.ac.id, ²mufti_hayat@yahoo.com

Abstrak-Pemantauan suhu dan kelembapan pada area Gudang (*warehouse*) menjadi peran penting untuk sebuah kebutuhan operasional agar menjaga kualitas barang yang disimpan. Hal ini memungkinkan manajemen gudang untuk merespons dengan cepat terhadap perubahan suhu yang dapat berpotensi merusak barang yang disimpan. Implementasi sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kerusakan produk, dan memberikan kontrol yang lebih baik terhadap lingkungan gudang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memantau keadaan suhu dan kelembapan pada gudang retail dengan sistem jarak jauh. Data yang dihitung Menggunakan *Wemos D1* untuk mikrokontroler yang menggunakan Bahasa pemrograman C dengan Sensor *DHT11* untuk membaca parameter suhu dan parameter kelembapan dengan berbasis *Internet of Things* dan bahasa pemrograman *PHP* pada website monitoring yang disertai dengan notifikasi ke Telegram apabila suhu yang ditetapkan bergerak tidak sesuai dengan standar idealnya. Pemilihan *Wemos D1* digunakan dalam pengembangan perangkat dikarenakan pengoperasiannya mudah serta pengaplikasiannya yang fleksibel untuk berbagai kebutuhan. Hasil pengujian menunjukkan terdapat penundaan antara 1 hingga 2 detik saat pengiriman data sensor melalui jaringan WiFi ke web server, dan penundaan 2 hingga 3 detik saat notifikasi dikirim melalui Telegram. Secara keseluruhan, sistem pemantauan ini dapat memberikan informasi real-time mengenai kondisi suhu dan kelembapan di gudang, sehingga memungkinkan tindakan pencegahan dan respons yang cepat jika terjadi penyimpangan dari standar yang ditetapkan.

Kata Kunci: *WiFi, Mikrokontroler, Wemos D1, Website Monitoring*

DESIGN TEMPERATURE AND HUMIDITY MONITORING SYSTEM IN RETAIL WAREHOUSE BASED IOT USING DHT11 SENSOR

Abstract-Monitoring temperature and humidity in the warehouse area plays an important role for operational needs in order to maintain the quality of stored goods. This allows warehouse management to respond quickly to temperature changes that could potentially damage stored goods. The implementation of this system is expected to improve operational efficiency, reduce the risk of product damage, and provide better control over the warehouse environment. The purpose of this research is to monitor the temperature and humidity conditions in a retail warehouse with a remote system. The data is calculated using the *Wemos D1* for a microcontroller that uses the C programming language with a *DHT11* sensor to read temperature and humidity parameters based on the *Internet of Things* and *PHP* programming language on a monitoring website accompanied by notifications to Telegram if the set temperature moves inappropriately according to the ideal standard. The selection of *Wemos D1* is used in device development because it is easy to operate and its application is flexible for various needs. The test results show that there is a delay of 1 to 2 seconds when sending sensor data via WiFi to the web server, and a delay of 2 to 3 seconds when notifications are sent via Telegram. Overall, this monitoring system can provide real-time information about temperature and humidity conditions in the warehouse, allowing for quick preventive and responsive actions if deviations from the set standards occur.

Keywords: *WiFi, Mikrokontroler, Wemos D1, Website Monitoring*

1. PENDAHULUAN

Pengendalian lingkungan yang optimal dalam gudang ritel (*warehouse*) merupakan faktor penting untuk menjaga kualitas dan daya tahan produk yang disimpan. Salah satu aspek penting yang harus diperhatikan adalah suhu dan kelembapan udara. Suhu dan kelembapan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan kerusakan pada produk, pertumbuhan jamur, atau bahkan memicu reaksi kimia yang tidak diinginkan[1]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem pemantauan yang efisien dan akurat untuk memastikan kondisi lingkungan gudang tetap berada dalam rentang yang aman.

Internet of Things (IoT) telah menjadi tren teknologi yang semakin populer dalam beberapa tahun terakhir. IoT memungkinkan perangkat-perangkat fisik untuk terhubung dengan internet dan saling bertukar data. Dengan memanfaatkan teknologi IoT [2], sistem pemantauan suhu dan kelembapan dapat dirancang dengan lebih efisien, *realtime*, dan terpusat. Data yang diperoleh dari sensor-sensor dapat dikirimkan melalui jaringan internet ke pusat pengolahan data, sehingga memungkinkan pemantauan dari jarak jauh dan pengambilan keputusan yang tepat waktu[3].

Dalam perancangan sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada gudang ritel berbasis *Internet of Things* ini, sensor *DHT11* dipilih sebagai komponen utama untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor *DHT11* merupakan sensor digital yang mampu mengukur suhu dan kelembapan relatif dengan akurasi yang cukup baik [4]. Sensor ini memiliki kelebihan dalam hal konsumsi daya yang rendah, ukuran yang kompak, dan harga yang terjangkau, sehingga cocok untuk diimplementasikan dalam sistem IoT.

Sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada gudang ritel berbasis IoT ini akan terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor *DHT11*, mikrokontroler, modul komunikasi nirkabel, dan platform cloud atau server untuk mengumpulkan dan mengolah data. Sensor *DHT11* akan terhubung dengan mikrokontroler yang akan membaca data suhu dan kelembapan dari sensor secara berkala. Data tersebut kemudian akan dikirimkan melalui modul komunikasi nirkabel ke platform cloud atau server untuk disimpan dan dianalisis.

Platform cloud atau server akan berperan sebagai pusat pengolahan data dan antarmuka bagi pengguna[5]. Pada platform ini, data suhu dan kelembapan dari seluruh sensor di gudang ritel akan ditampilkan secara *realtime* dalam bentuk grafik atau tabel. Selain itu, platform ini juga dapat diatur untuk memberikan peringatan atau notifikasi ke *bot* telegram jika suhu atau kelembapan berada di luar rentang yang aman. Fitur-fitur lain seperti penyimpanan data historis, analisis tren, dan pembuatan laporan juga dapat ditambahkan ke dalam platform ini.

Dengan adanya sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada gudang ritel berbasis *Internet of Things* ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keakuratan dalam memantau kondisi lingkungan gudang[6]. Hal ini akan membantu dalam menjaga kualitas produk yang disimpan, mencegah kerusakan, dan meningkatkan keamanan bagi karyawan yang bekerja di lingkungan gudang. Selain itu, sistem ini juga dapat memberikan informasi yang berguna bagi manajemen untuk mengambil keputusan yang tepat dalam pengelolaan gudang ritel.

Pada penelitian sebelumnya yang berjudul “Sistem Penentuan Gudang Beras Berbasis Iot Menggunakan Metode Saw Pada Platform *Thingsboard*” dia membahas optimalnya *monitoring* system penentuan tempat penyimpanan beras di lokasi penelitian, dan adanya penelitian ini kualitas beras dan ketahanan beras terhindar dari jamur dan kutu dapat bertahan lebih lama [7], pada penelitian ini juga dapat digunakan untuk menjadi kajian untuk melakukan penelitian hari ini.

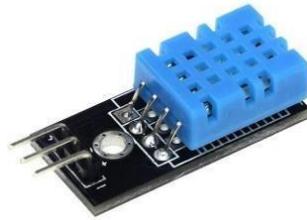
WeMos D1 dipilih sebagai mikrokontroler berbasis ESP8266 untuk mengontrol dan mengirimkan data suhu yang diukur oleh sensor *DHT11*. Sensor *DHT11* digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan lingkungan penyimpanan secara akurat. IoT (*Internet of Things*) menciptakan sistem yang efektif dan efisien. Dan dapat menyampaikan informasi kepada pengguna sesuai dengan situasi saat ini. Hal ini menciptakan system pemantauan suhu di gudang yang dapat dipantau kapan saja dan dimana saja[8].



Gambar 1 WeMos D1

WeMos-D1 merupakan papan mikrokontroler yang dilengkapi modul *WiFi* menggunakan chip ESP8266-12, sehingga papan ini mampu terhubung dengan jaringan *WiFi*. Dengan kemampuan *WiFi*-nya, WeMos D1 memiliki keunggulan dapat terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan nirkabel. Papan mikrokontroler WeMos D1 sangat cocok digunakan pada proyek *Internet of Things* karena dapat dengan mudah terintegrasi dengan layanan *cloud* melalui koneksi *WiFi*[9].

Secara singkat, WeMos-D1 merupakan mikrokontroler dengan fitur *WiFi* berbasis ESP8266-12 yang memungkinkannya terhubung dengan jaringan *wifi*. Mikrokontroler *WeMos D1* ini dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini:

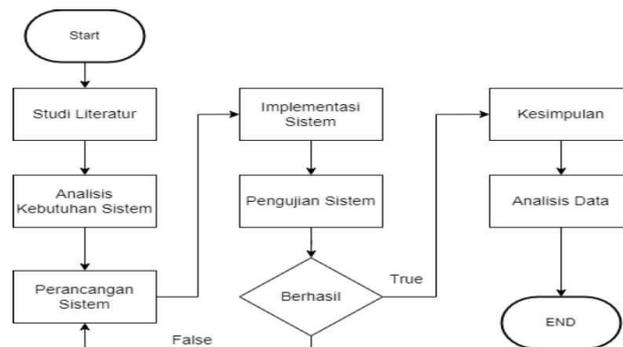


Gambar 2 Sensor DHT11

Sensor *DHT11* sendiri adalah sensor yang berguna untuk mendeteksi suhu dan kelembapan udara yang populer dengan harga terjangkau. *DHT11* diproduksi oleh Aosong dan banyak digunakan pada proyek Arduino. Sensor ini mampu mengukur suhu pada rentang 0-50 derajat Celcius dengan akurasi ± 2 derajat Celcius, serta kelembapan udara pada rentang 20-90% RH dengan akurasi $\pm 5\%$ RH. *DHT11* memiliki antarmuka komunikasi satu kabel dengan keluaran sinyal digital menggunakan protokol serial khusus[10]. Komponen utama *DHT11* terdiri dari resistor NTC untuk mengukur suhu dan kapasitor untuk mengukur kelembapan. *DHT11* cukup mudah digunakan hanya dengan menghubungkan satu pin data ke mikrokontroler. *DHT11* memerlukan rangkaian tambahan sederhana yaitu resistor pull-up agar komunikasi datanya dapat berjalan dengan baik.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alur Penelitian



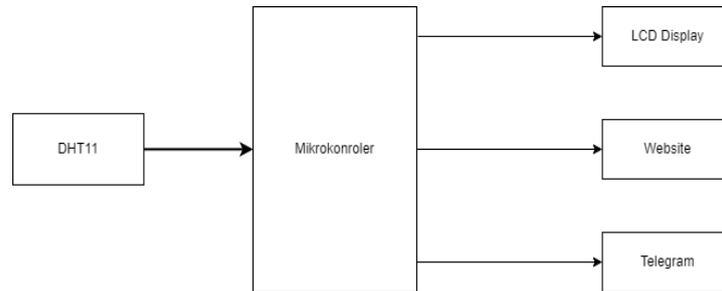
Gambar 3 Alur Pembuatan Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur yang mendalam untuk memahami topik dan permasalahan yang akan diteliti. Setelah itu, dilakukan analisis kebutuhan sistem yang diperlukan untuk memecahkan permasalahan dalam penelitian. Tahap berikutnya adalah merancang sistem dengan cermat sesuai hasil analisis kebutuhan. Rancangan sistem kemudian diimplementasikan dalam bentuk program atau prosedur riset. Hasil implementasi selanjutnya diuji coba untuk memeriksa apakah telah berjalan sesuai dengan rancangan dan memenuhi tujuan penelitian. Jika pengujian berhasil, dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian. Namun jika pengujian gagal, maka perlu dilakukan perancangan ulang terhadap sistem. Setelah proses penelitian selesai dan kesimpulan dapat ditarik, tahap terakhir adalah melakukan analisis data untuk menginterpretasikan hasil penelitian secara keseluruhan. Dengan demikian, tahapan penelitian mulai dari studi literatur hingga analisis data dilakukan secara sistematis untuk mendapatkan hasil riset yang valid dan bermanfaat.

2.2 Data Penelitian

Penelitian ini, penulis menggunakan data berupa perubahan nilai suhu dan kelembapan yang dideteksi menggunakan sensor *DHT11*. Sensor tersebut dipasang pada mikrokontroler untuk memantau suhu kelembapan pada ruangan gudang yang diukur menggunakan sensor *DHT11*.

2.3 Blok Diagram



Gambar 4 Blok Diagram

Sensor *DHT11* digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, kemudian mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler. Mikrokontroler memproses data dari *DHT11*, lalu menampilkannya pada LCD display sebagai output visual di dekat sensor. Selain itu, mikrokontroler juga mengirimkan data sensor ke website melalui koneksi internet agar dapat ditampilkan dalam bentuk grafik atau tabel. Data sensor juga dikirim oleh mikrokontroler ke Telegram melalui *bot*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban dari jarak jauh melalui smartphone. Dengan demikian, semua komponen bekerja secara terintegrasi untuk *monitoring* suhu dan kelembaban udara.

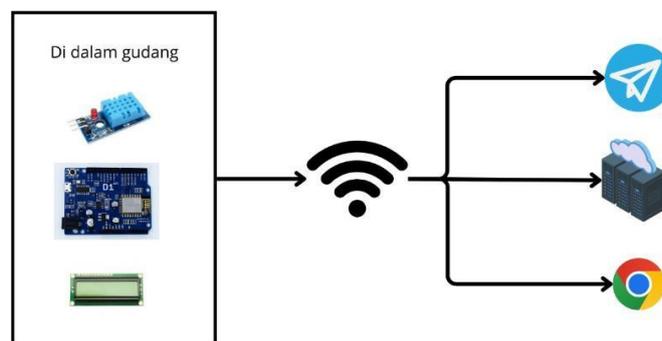
2.4 Tahapan Penelitian

Peneliti dalam merancang sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembaban gudang berbasis *Internet of Things (IoT)*, penulis menggunakan metode prototyping melalui langkah-langkah berikut:

a. Pengumpulan Kebutuhan

Pada tahapan ini, penulis pertama melakukan studi pustaka penelitian sejenis dalam 5 tahun terakhir untuk dapat mengidentifikasi kebutuhan paling dasar dan pemahaman komponen yang diperlukan dalam perancangan sistem. Hasilnya, komponen yang dibutuhkan adalah:

1. Mikrokontroler *WeMos D1 Wifi*
2. Sensor *DHT11*
3. LCD Display 16x2
4. Adapter Power
5. Box Tempat alat
6. Kabel Jumper



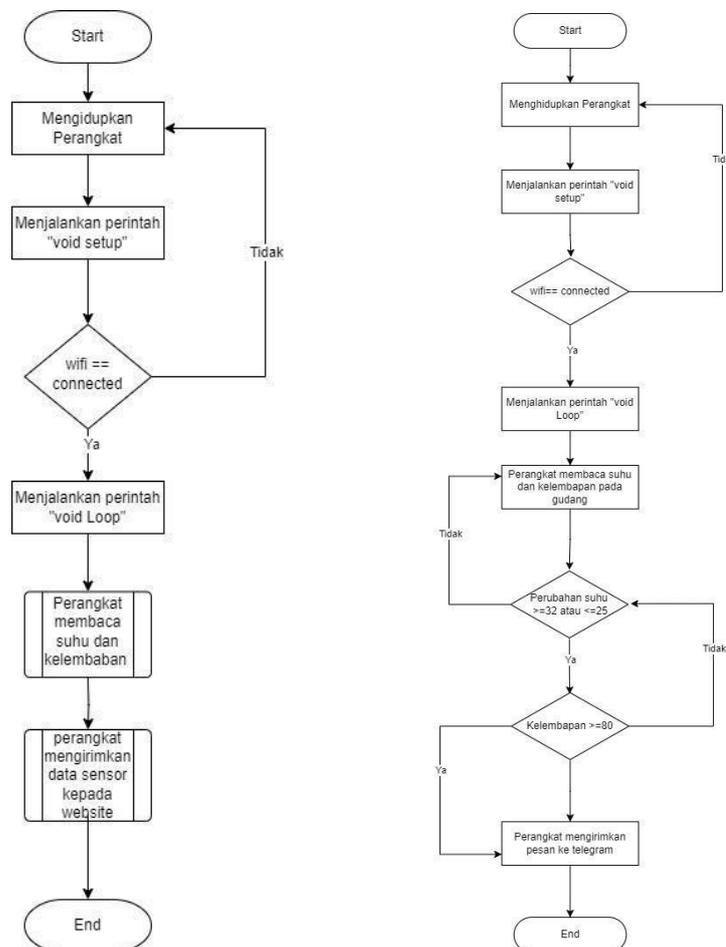
Gambar 5 Ilustrasi sistem

Pada gambar 5 di atas ditampilkan ilustrasi sistem pendeteksi kelembaban pada gudang. Perangkat ditempatkan di dalam gudang. Jika terkoneksi dengan jaringan WiFi, perangkat dapat mengirimkan data pemantauan kelembaban ke web server. Data pemantauan ini kemudian dapat diakses melalui browser. Selain itu, sistem ini juga mengirimkan notifikasi kelembaban melalui Telegram. Dengan demikian, kondisi kelembaban di dalam gudang dapat dipantau secara daring melalui web dan mendapatkan notifikasi lewat Telegram, dengan adanya bot telegram ini menjadi pembeda dengan penelitian sebelumnya.

b. Pembangunan Prototype

Pada tahap ini, peneliti mulai membangun sebuah prototype yang berdasarkan desain saat dibuat sebelumnya. Proses pembangunan *prototypenya* adalah:

1. Mempersiapkan alat dan perangkat lunak yang akan digunakan.
2. Menguji masing-masing semua komponen secara terpisah, termasuk dalam melakukan kalibrasi sensor jika dibutuhkan, disaat sebelum merangkainya menjadi satu sistem.
3. Merakit seluruh komponen yang telah diuji, termasuk menghubungkan sensor *DHT11* dan LCD ke mikrokontroler.
4. Menyusun program untuk mikrokontroler yang menggabungkan program pengujian tiap komponen dengan penambahan library dan kode tambahan yang dibutuhkan, seperti koneksi *WiFi*, API pengiriman data, dan bot Telegram.
5. Pada langkah ini dibangun *website dashboard* pemantauan beserta basis data yang dapat menampilkan, membaca, dan dapat menyimpan sebuah data secara real-timed



Gambar 6 Flowchart website dan Telegeram Bot

c. Evaluasi Sistem

Sesudah sistem dapat dibuat, dilakukan pengujian secara menyeluruh untuk mengevaluasi apakah sistem pemantauan suhu dan kelembaban berjalan sesuai yang diharapkan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik dan sebagai evaluasi untuk pengembangan sistem dan perbaikan sistem di masa depan.

2.5 Rancangan Pengujian

Tabel 1 Rancangan Pengujian Sistem

Komponen	Rencana Pengujian	Target
Sensor <i>DHT11</i>	Menguji pembacaan suhu dan kelembapan ruangan	Mampu membaca suhu dan kelembapan ruangan
<i>Mikrokontroler WeMos D1</i>	Melakukan pengujian penerimaan data sensor dan fungsi notifikasi Telegram untuk memastikan kedua fitur berjalan sesuai rancangan.	Sistem mampu menerima data dari sensor, menampilkan hasil bacaan sensor, dan mengirimkan notifikasi Telegram sesuai rancangan.
<i>Website Monitoring Pemantauan Suhu dan Kelembapan ruangan</i>	Menguji fungsi tampilan data sensor secara <i>realtime</i> untuk memastikan update data berlangsung sesuai rancangan.	Mampu menampilkan data sensor secara <i>realtime</i>
Secara Keseluruhan Perangkat	Menguji semua komponen dari perintah sistem	Dapat melakukan semua perintah komponen sistem

Pada tabel 1 ini menunjukkan rancangan pengujian secara keseluruhan pada alat *IoT* dari pengujian komponen sampai pengujian sistem berhasil dilakukan pengujian dengan hasil akhir yang baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian analisis, hasil implementasi dan pengujian, dan pembahasan mengenai perancangan dan pembangunan sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada ruang gudang yang berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan menggunakan sensor *DHT11*. Sistem ini dirancang dan dibangun untuk melakukan monitoring suhu dan kelembapan di dalam ruang gudang secara real-time melalui jaringan *IoT*. Sensor *DHT11* digunakan untuk membaca nilai suhu dan kelembapan ruangan yang kemudian dikirimkan ke sistem pemantauan. Pada bagian ini akan dibahas dan dianalisis hasil pengujian alat setelah implementasi sistem, performa sistem yang sudah dibangun, serta evaluasi sejauh mana sistem ini telah berhasil memenuhi tujuannya untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan di dalam ruang gudang guna menciptakan kondisi penyimpanan barang yang optimal. Pengujian Perangkat

Pengujian dilakukan terhadap perangkat yang sudah dirakit dengan menghubungkan sensor *DHT11* dan display LCD ke board mikrokontroler *Wemos D1*. Rincian board mikrokontroler beserta komponen sensor *DHT11* dan LCD yang terhubung ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2 Koneksi Board dan komponen Pendukung perangkat

<i>WeMos D1</i>	<i>DHT11</i>	LCD 16x2
GND	GND	GND
SCL	-	SCL
SDA	-	SDA
3v3	3v3	-
5V	VCC	VCC
D4	D4	D4



Gambar 7 pengujian sensor dan led

Pada tabel dan gambar diatas merupakan pengujian perangkat yang dilakukan untuk menghindari eror dalam penerapan perangkat pada subjek penelitian.

Rangkaian perangkat dirancang agar dapat ditempatkan pada lokasi penelitian. Perangkat *IoT* ini ditempatkan dalam box berukuran tinggi 16cm, lebar 11cm, dan panjang 11cm berbentuk kotak untuk memudahkan penempatan di lokasi penelitian.



Gambar 8 Perangkat Pengujian

Gambar 7 menunjukkan perangkat *IoT* yang sudah dibuat menggunakan kotak yang dirancang sudah menyesuaikan tempat penelitian yaitu pada tempat penelitian.

3.1 Skenario Pengujian

Untuk menguji performa sistem *monitoring* suhu dan kelembaban, dilakukan pengujian *prototype* di 3 lokasi gudang dengan kondisi berbeda dilakukan dengan tiga kondisi, yaitu sehabis hujan pas sebelum hujan dan saat terjadi hujan, dilakukan pengujian terhadap tiga tempat, yaitu:

- Area pengambilan barang (*picking*), sensor akan memantau suhu dan kelembapan udara di area ini.
- Area penerimaan barang (*receiving*), sensor akan memantau suhu dan kelembapan udara di area ini.

- c. Area penyimpanan barang (*retur*), sensor akan memantau suhu dan kelembapan udara di area penyimpanan barang yang dikembalikan

Pengujian menggunakan alat pemantau suhu dan kelembapan yang sama pada ketiga lokasi tersebut. Tujuannya untuk mendapatkan data representatif kondisi suhu dan kelembapan pada area-area utama gudang dengan kondisi berbeda.

3.2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian perangkat sebelum dinyalakan pemantauan suhu dan kelembapan pada gudang dilakukan skenario sebagai berikut:

- a. Pengujian diarea pengambilan barang

Tabel 3 Hasil Pengujian Skenario Area Pertama

Area Pertama		
Sebelum hujan	Pada saat hujan	Sesudah hujan
Suhu 33°C	Suhu 28°C	Suhu 30°C
Kelembaban = 65	Kelembaban = 87	Kelembaban = 75

- b. Pengujian diarea kedua penerimaan barang

Tabel 4 Skenario Kedua

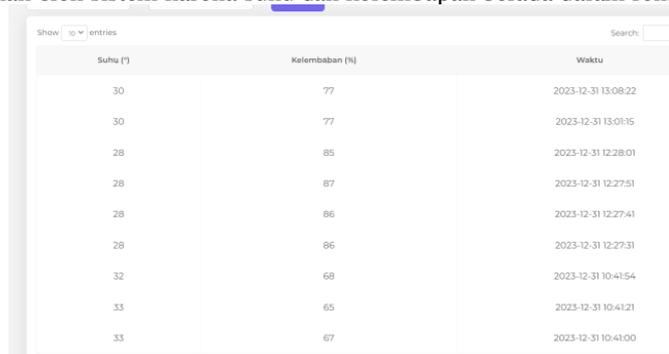
Area kedua		
Sebelum hujan	Pada saat hujan	Sesudah hujan
Suhu 32°C	Suhu 27°C	Suhu 29°C
Kelembaban = 65	Kelembaban = 88	Kelembaban = 72

- c. Pengujian diarea pengembalian barang

Tabel 5 Skenario Ketiga

Area ketiga		
Sebelum hujan	Pada saat hujan	Sesudah hujan
Suhu 31°C	Suhu 27°C	Suhu 29°C
Kelembaban = 70	Kelembaban = 85	Kelembaban = 78

Setelah hujan berhenti, kondisi suhu dan kelembapan di semua ruangan secara perlahan kembali normal. Tidak ada notifikasi yang dikirimkan oleh sistem karena suhu dan kelembapan berada dalam rentang yang aman.



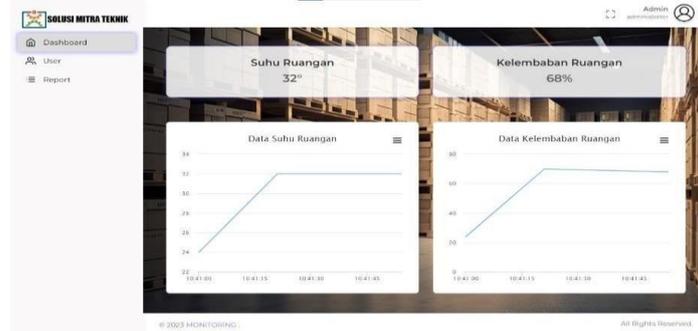
Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Waktu
30	77	2023-12-31 13:08:22
30	77	2023-12-31 13:01:15
28	85	2023-12-31 12:28:01
28	87	2023-12-31 12:27:51
28	86	2023-12-31 12:27:41
28	86	2023-12-31 12:27:31
32	68	2023-12-31 10:41:54
33	65	2023-12-31 10:41:21
33	67	2023-12-31 10:41:00

Gambar 9 hasil pengujian perangkat

Melalui simulasi ini, kita dapat melihat bagaimana perubahan cuaca, khususnya hujan, dapat mempengaruhi kondisi suhu dan kelembapan di dalam gudang ritel. Sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things menggunakan sensor DHT11 dapat mendeteksi perubahan tersebut secara real-time dan mengirimkan notifikasi yang diperlukan jika suhu atau kelembapan melampaui batas yang aman. Notifikasi yang diberikan saat hujan turun membantu pengelola gudang ritel untuk segera mengambil tindakan pencegahan atau perbaikan kondisi kelembapan, seperti meningkatkan ventilasi atau menggunakan alat pengering udara. Setelah hujan berhenti, sistem akan terus memantau kondisi suhu dan kelembapan untuk memastikan kembali ke kondisi normal.

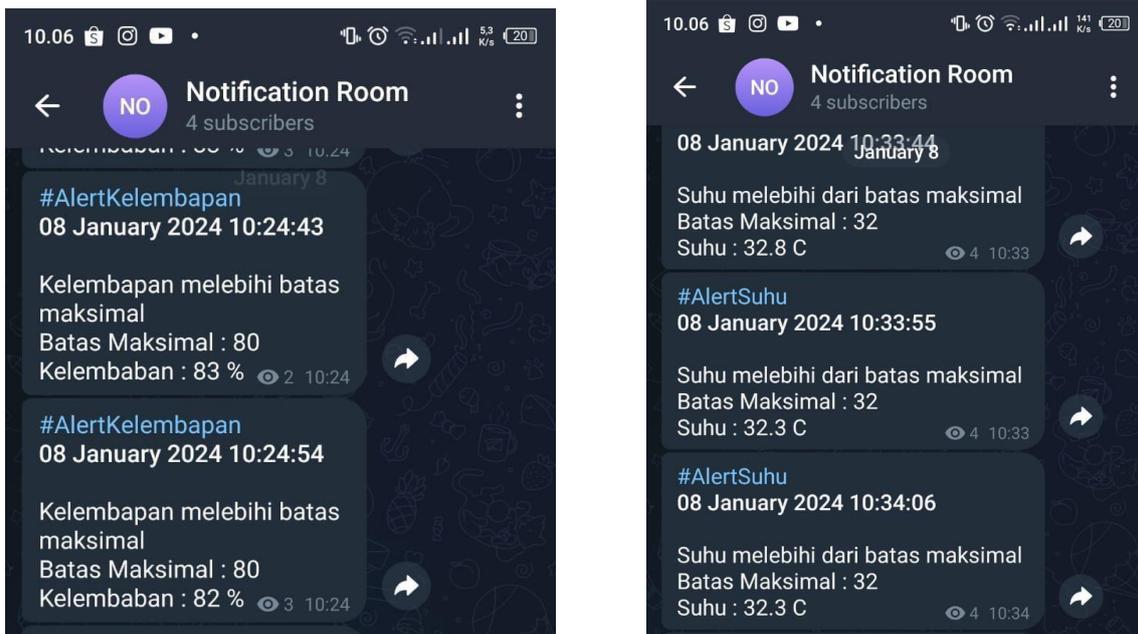
Selain menguji performa perangkat sensor sebagai alat ukur, pada penelitian ini juga diuji kemampuan

perangkat untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke website pemantauan dan Telegram. Pengujian bertujuan memastikan bahwa selain berfungsi sebagai alat ukur, perangkat juga dapat mengirimkan data secara *realtime* ke *platform* pemantauan yang telah dibangun. bila suhu melebihi 32°C atau kurang dari 25°C dan kelembaban ruangan lebih dari 80%. Hasilnya menunjukkan terdapat *delay* penerimaan data dari sensor di website sekitar 1-2 detik dan notifikasi Telegram sekitar 2-5 detik. Dengan demikian, pengujian berhasil memverifikasi bahwa data pengukuran dapat dikirimkan dan ditampilkan di *website monitoring* serta diterima dalam bentuk notifikasi Telegram meski ada jeda waktu pengiriman yang minimal.



Gambar 10 Halaman Website Monitoring

Pada gambar 8 di atas ditampilkan ilustrasi *website monitoring*, *website* ini berisi tentang informasi suhu dan kelembaban pada sensor yang sudah diletakkan pada tempat penelitian



Gambar 11 Notifikasi Telegram

Pada gambar 9 diatas ditampilkan informasi berupa *telegram bot* yang berfungsi untuk mendapatkan notifikasi informasi suhu dan kelembaban, informasi yang dikirimkan berupa perubahan suhu dan kelembaban yang sudah melewati batas minimal dan maksimal yang sudah ditentukan.

Dengan adanya *bot* telegram yang langsung diintegrasikan dengan *smartphone*, maka perubahan suhu dan kelembaban dapat diinfokan langsung, sehingga dapat dilakukan tindakan untuk menormalkan suhu dan kelembaban pada gudang ritel.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian mengenai sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada gudang berbasis IoT, dapat disimpulkan beberapa hal. Pertama, telah berhasil dirancang sistem pemantauan dengan mengintegrasikan perangkat keras *WeMos D1*, sensor *DHT11*, dan antarmuka web yang mampu memantau kondisi suhu dan kelembapan. Kedua, pengujian menunjukkan sensor *DHT11* cukup akurat untuk keperluan skala kecil dan antarmuka web cukup responsif dalam menampilkan perubahan nilai. Ketiga, analisis data menunjukkan sistem pemantauan ini sudah cukup efektif, akurat, dan reliabel untuk lingkup skala kecil atau *prototipe*.

Beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut meliputi: menambahkan sensor pintu untuk melacak aktivitas, menambahkan CCTV dan deteksi asap untuk keamanan, membangun sistem kontrol otomatis suhu dan kelembapan, menentukan ambang batas optimal parameter, serta menyempurnakan *dashboard monitoring*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Jamaludin, "Desain Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok pada PT 'ABCD' Bandung Jawa Barat Indonesia," *J. Adm. Bisnis*, vol. 10, no. 2, pp. 143–154, 2021, doi: 10.14710/jab.v10i2.36302.
- [2] R. Santosa, P. A. Sari, and A. T. Sasongko, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT (Internet of Thing) pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 4, pp. 391–400, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i4.943.
- [3] C. Prisca, "Sistem Pengendalian Suhu Ruang Berbasis IoT Dengan Menggunakan Metode KNN," *J. Adv. Inf. Ind. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–16, 2022, doi: 10.52435/jaiit.v4i1.175.
- [4] A. D. Saputro and M. Yantidewi, "Analysis of Air Temperature and Humidity in Kedunggalar against BMKG Data Based on DHT11 Sensor," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1805, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1805/1/012045.
- [5] H. Susilawati, A. N. Andiyani, and S. Nurpadillah, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things," *Skripsi*, vol. 5, no. 69, pp. 55–60, 2023.
- [6] S. I. W. Jacobus and J. S. B. Sumarauw, "Analisis Sistem Manajemen Pergudangan Pada Cv. Pasific Indah Manado," *J. EMBA J. Ris. Ekon. Manajemen, Bisnis dan Akunt.*, vol. 6, no. 4, pp. 2278–2287, 2018.
- [7] T. F. Parlaungan S. and A. Sudrajat, "Sistem Penentuan Gudang Beras Berbasis Iot Menggunakan Metode Saw Pada Platform Thingsboard," *J. Teknol. dan Komun. STMIK Subang*, vol. 13, no. 2, pp. 12–26, 2020, doi: 10.47561/a.v13i2.186.
- [8] H. Santosa; and Yuliati, "Scientific Journal Widya Teknik," *Sci. J. Widya Tek.*, vol. 21, no. 1, pp. 14–20, 2022.
- [9] M. Reza, A. Bintoro, and R. Putri, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan Gabah untuk Menjaga Kualitas Beras Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Energi Elektr.*, vol. 9, no. 2, p. 14, 2021, doi: 10.29103/jee.v10i1.4309.
- [10] A. Najmurokhman, "Cold Storage Menggunakan Mikrokontroler," *J. Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 73–82, 2018.