



Warehouse Monitoring System Menggunakan Node MCU ESP32 Dan Implementasi Python Sebagai Visualisasi Data Sensor Secara Real-Time

Warehouse Monitoring System Using NodeMCU ESP32 and Python Implementation for Real-Time Sensor Data Visualization¹

Rizhan Dwi Putra Herlambang^{1,*}, Missi Hikmatyar¹, Shinta Siti Sundari¹

¹ Teknik Informatika, Universitas Perjuangan, Tasikmalaya, Indonesia

Abstrak: Penggunaan gudang di bidang industri besa dan UMKM di Indonesia menjadi hal yang harus diperhatikan dengan serius. Kebanyakan sistem pergudangan masih menggunakan sistem manual seperti pengecekan kelembaban, suhu dan pengecekan kadar gas pada gudang. Hal ini menjadi kurang efisien karena memerlukan waktu dan *man power* untuk dilakukan secara berkala. Penggunaan secara manual menggunakan *man power* (manusia) mempunyai kekurangan dari segi tenaga, efisiensi waktu, tingkat akurasi, dan pengeluaran biaya operasional untuk gaji karyawan. Oleh karena itu dalam penelitian ini menjawab permasalahan diatas dengan membuat alat otomatisasi berbasis mikrokontroler ESP32 untuk pengontrol penuh, sensor DHT-11 sebagai sensor suhu dan kelembaban dan sensor MQ-135 sebagai sensor gas serta implementasi bahasa pemrograman python untuk visualisasi data dari alat supaya bisa ditampilkan di laptop atau computer untuk mempermudah pengguna untuk memantau keadaan gudang. Fungsi alat yang dibangun ialah untuk membaca, mengontrol dan mengirimkan nilai sensor. Alat ini mampu membaca kelembaban, suhu dan PPM gas serta dapat mengontrol aktuator seperti relay untuk mengaktifkan buzzer dan lampu sesuai dengan algoritma program yang ditanamkan pada ESP32. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa alat mampu membaca suhu dan kelembaban dengan persentase data-data error sebesar 6% dan membaca konsentrasi gas dengan persentase error 2% juga pada pengiriman data.

Kata kunci: Warehouse Monitoring System, ESP32, DHT-11, MQ-135, Python

Abstract: The use of warehouses in the industrial sector and MSMEs (Micro, Small, and Medium Enterprises) in Indonesia is an issue that must be taken seriously. Most warehouse systems still rely on manual methods, such as checking humidity, temperature, and gas levels. This approach is inefficient as it requires time and manpower to be performed regularly. Manual operation using human labor has several drawbacks in terms of energy, time efficiency, accuracy levels, and operational costs for employee salaries. Therefore, this study addresses the above issues by developing an automation device based on the ESP32 microcontroller for full control, using a DHT-11 sensor for temperature and humidity, and an MQ-135 sensor for gas detection. The implementation also involves Python programming for data visualization so that the information can be displayed on a laptop or computer, making it easier for users to monitor warehouse conditions. The function of the developed device is to read, control, and transmit sensor values. This device is capable of reading humidity, temperature, and gas concentration (in PPM), and can also control actuators such as a relay to activate a buzzer and light according to the program algorithm embedded in the ESP32. The research results show that the device can read temperature and humidity with an error rate of 6%, and gas concentration readings with an error rate of 2%, including in data transmission.

Keywords: Warehouse Monitoring System, ESP32, DHT-11, MQ-135, Python

1. Pendahuluan

Pergeseran paradigma dalam pengelolaan gudang atau warehouseing telah terjadi selama beberapa dekade terakhir. Terdahulu, gudang dianggap sebagai tempat penyimpanan pasif, di mana perusahaan hanya mempertimbangkan penyimpanan fisik barang tanpa perencanaan atau pengelolaan yang cermat. Namun, dalam era globalisasi dan persaingan yang semakin ketat, gudang menjadi salah satu elemen kunci dalam rantai pasokan yang efisien.

* Corresponding author: 1903010033@unper.ac.id

<https://doi.org/10.51132/teknologika.v15i1.440>

Received: 27-12-2024

Accepted: 06-05-2025

Available online: 21-05-2025

Kebanyakan gudang pada UMKM khususnya di Tasikmalaya belum menerapkan sistem kontrol gudang secara otomatis. Biasanya pengontrolan dilakukan oleh penjaga gudang yang ditugaskan untuk memastikan gudang tersebut aman. Selain itu keterbatasan manusia juga menjadi kendala dalam pemantauan gudang seperti tidak bisa memantau secara terus menerus selama 24 jam, kontinuitas serta akurasi pemantaauan [1]. Hal ini menjadi landasan dan urgensi mengapa penelitian ini harus dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut maka salah satu solusi adalah membangun alat otomatisasi yang mampu mendeteksi dan mengukur suhu ruangan, kelembaban gudang dan deteksi kebcoran gas pada gudang. Dengan demikian alat ini mampu menjadi solusi dari permasalahan pemantauan gudang pada suatu perusahaan untuk tetap menjaga kualitas barang dan resiko dari kebakaran gudang, suhu dan kelembaban yang tidak teratur.

Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi informasi dan Internet of Things (IoT) telah memainkan peran yang semakin penting dalam perbaikan operasional Gudang (*View of Implementasi IoT (Internet of Things) Dalam Pembelajaran Di Universitas Kanjuruhan Malang.Pdf*, n.d.). Teknologi ini memungkinkan perusahaan untuk mengawasi dan mengelola gudang mereka dengan lebih efisien, memungkinkan pengawasan stok secara real-time, dan menerapkan tindakan korektif segera bila diperlukan.

NodeMCU ESP32 adalah salah satu perangkat IoT yang telah mendapatkan perhatian besar dalam pengembangan sistem pemantauan dan pengendalian gudang [1]. NodeMCU ESP32 adalah modul mikrokontroler yang dapat terhubung ke internet melalui Wi-Fi. Hal ini membuatnya ideal untuk mengumpulkan data dari sensor-sensor yang terpasang di gudang dan mengirimkan data ini ke server secara real-time.

Selain NodeMCU ESP32 yang digunakan sebagai mikrokontroler atau pengendali sensor dan actuator tentunya diperlukan sensor DHT11 sebagai sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban pada suatu ruangan. Dengan menimplementasikan sensor ini dapat memantau dan menjaga suhu dan kelembaban pada Gudang sesuai dengan SOPnya.

Salah satu sensor yang digunakan untuk pemantauan gudang adalah sensor MQ-135. Sensor MQ-135 adalah sensor yang digunakan dalam berbagai aplikasi deteksi berbagai macam gas berbahaya. Dalam penelitian ini, sensor MQ-135 akan digunakan sebagai sensor yang mampu mendeteksi gas dan kualitas udara pada gudang, sehingga apabila terjadi kebocoran gas alat akan memberikan informasi untuk mencegah kebakaran atau bahaya lainnya pada gudang atau *warehouse*.

Sebagai pembanding, ada beberapa penelitian yang menggunakan mikrokontroler untuk sistem pengendalian suhu ruang diantaranya penelitian [2]. Penelitian ini berfokus kepada pembuatan sistem kontrol gudang menggunakan arduino uno sebagai pengolah sensor dan NodeMCU digunakan untuk terhubung ke internet. Sensor yang dipakai adalah sensor suhu DHT-11 dan menggunakan metode klasifikasi kNN untuk mengatur laju kecepatan kipas dengan tingkat error mencapai 0.966%. namun, dalam penelitian ini hanya membuat prototype nya saja tanpa membuat antar muka pengguna untuk dapat melihat hasil dari alat tersebut.

Penelitian selanjutnya adalah [3]. Penelitian ini berfokus kepada pengontrolan kualitas udara dan gas di kawasan industri. Penelitian ini menggunakan arduino uno yang terhubung ke *single board computer* raspberry pi sebagai pengendali alat. Di penelitian ini tidak dibuat visualisasi data secara *real-time* seperti antar muka aplikasi untuk memantau hasilnya.

1.1 ESP32

Menurut penelitian [4]. ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang menggunakan modul ESP32 untuk terkoneksi ke internet menggunakan modul Wi-fi. ESP32 ini menggunakan bahasa Lua dalam pembuatan programnya namun dapat menggunakan Arduino IDE. ESP32 adalah sistem mikrokontroler canggih yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Perangkat ini menggabungkan berbagai fitur dan kemampuan yang membuatnya sangat populer dalam pengembangan proyek elektronik, Internet of Things (IoT), dan aplikasi lainnya.

1.2 Sensor DHT-11

Sensor DHT-11 adalah sebuah sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu mendeteksi suhu dan kelembaban serta memiliki stabilitas yang baik sebagai sebuah sensor [5]. Sensor DHT11 adalah sensor digital yang umum digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam berbagai aplikasi elektronik dan Internet of Things (IoT). Nama "DHT" merupakan singkatan dari "Digital Humidity and Temperature," yang menggambarkan kemampuan utama sensor ini.

1.3 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah sensor yang dapat dihubungkan ke berbagai macam mikrokontroler seperti Arduino Uno, NodeMCU, Wemos yang mampu mendeteksi kadar konsentrasi gas ammonia, benzol dan alcohol [6]. Sensor MQ-135 adalah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya dalam udara. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip resistansi yang berubah ketika terpapar gas tertentu.

1.4 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) adalah perangkat lunak yang memainkan peran sentral dalam dunia pemrograman mikrokontroler. IDE ini dikembangkan oleh Arduino, perusahaan yang terkenal karena platform mikrokontroler open-source yang populer. Arduino IDE menyediakan lingkungan pengembangan yang sederhana dan user-friendly untuk merancang, menulis, menguji, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler Arduino. Dalam penjelasan ini, kita akan menjelaskan secara mendalam tentang Arduino IDE dan peran kunci yang dimainkannya dalam pengembangan proyek elektronik dan Internet of Things (IoT) [7].

1.5 Python

Menurut sebuah penelitian yang dilakukan oleh [8] Python adalah sebuah bahasa pemrograman berorientasi objek tingkat tinggi yang diciptakan oleh Guido van Rossum yang menjadi salah satu bahasa pemrograman paling populer dan menjadi *The Fastest Growing Programming Language*. Salah satu yang menjadi alasannya adalah dari segi bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan hampir seperti bahasa manusia, efisiensi kode dan library serta dukungan komunitas yang cukup besar

1.6 Komunikasi UDP

UDP (*User datagram Protocol*) adalah salah satu protokol komunikasi yang digunakan pada jaringan untuk mengirim data antar perangkat. Pada penelitian ini digunakan protokol UDP untuk mengirim data sensor yang diterima oleh ESP32 ke komputer melalui jaringan dan port serta IP yang sudah ditentukan. Dengan menggunakan protokol UDP memudahkan untuk mengirim data sensor tanpa membuat server atau melalui broker [9].

1.7 Power Supply

Dalam sebuah rangkaian elektronika atau alat digital, peran power supply atau catu daya tegangan sangat diperlukan untuk memasok daya pada rangkaian dan komponen elektronika. Catu daya yang banyak digunakan adalah catu daya dengan tegangan DC seperti 5 volt, 9 volt dan 12 volt tergantung dengan kebutuhan rangkaian dan alat yang dibuat. Pada penelitian ini catu daya atau power

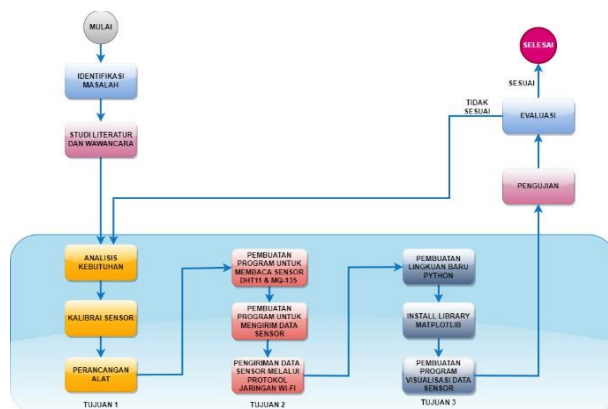
supply digunakan untuk memasok tegangan untuk mikrokontroler ESP32 termasuk berbagai sensor dan komponen lain yang terhubung pada ESP32.

1.8 Relay

Relay DC adalah perangkat elektromagnetik yang digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik atau listrik yang menggunakan tegangan DC (Direct Current). Relay ini bekerja sebagai sakelar elektromagnetik yang mengendalikan aliran arus listrik melalui kontak sakelar, tergantung pada apakah kumparan elektromagnetik diaktifkan atau tidak.

2. Metode

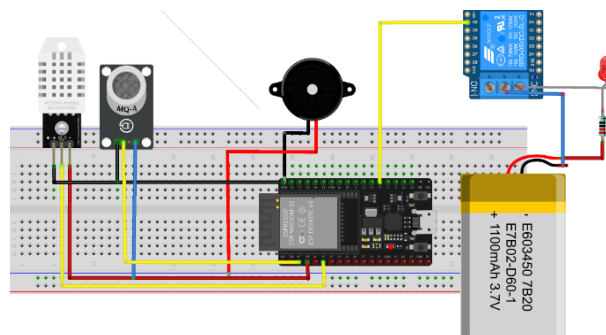
Metodologi penelitian sangat penting dilakukan dalam setiap penelitian untuk mengidentifikasi dan menggambarkan Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai suatu tujuan penelitian. Dalam metodologi penelitian mengacu pada identifikasi permasalahan sebagai alasan dilakukannya suatu penelitian, pengumpulan data baik dilakukan dengan wawancara atau dengan teknik literasi serta pelaksanaan tujuan, pengujian dari hasil capaian tujuan penelitian serta tahapan evaluasi untuk memastikan tujuan dalam penelitian dicapai dengan baik serta sesuai dengan asas-asas penelitian. Berikut adalah metodologi penelitian disajikan dalam bentuk gambar:



Gambar 1. Metodologi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan Skematik Rangkaian



Gambar 2. Skematik Rangkaian

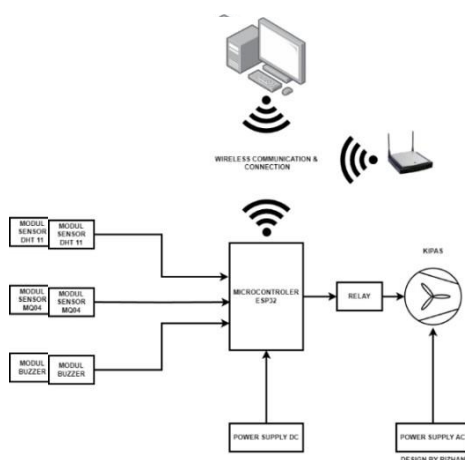
Penelitian ini melibatkan perancangan rangkaian skematik untuk sistem pengendalian gudang menggunakan software Fritzing. Software ini dipilih karena kemampuannya dalam menyediakan antarmuka grafis yang intuitif serta kemudahan dalam membuat dan memodifikasi rangkaian elektronik. Rangkaian yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama: sensor DHT11, sensor MQ-135, dan mikrokontroler ESP32, relay 1 channel, buzzer dan led.

Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor ini memiliki empat pin, di mana satu pin terhubung ke pin digital pada ESP32 untuk transmisi data, dan pin lainnya terhubung ke suplai daya dan ground. Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi kualitas udara, khususnya gas LPG, karbon monoksida, dan asap. Sensor ini memiliki enam pin, tetapi hanya tiga yang digunakan: pin analog yang terhubung ke pin analog pada ESP32 untuk pengukuran, serta pin suplai daya dan ground.

Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari kedua sensor tersebut. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang cepat, konektivitas Wi-Fi, dan kompatibilitas dengan berbagai sensor. Rangkaian ini menghubungkan pin data dari sensor DHT11 dan pin analog dari sensor MQ-135 ke pin yang sesuai pada ESP32. Selain itu, setiap sensor juga terhubung ke suplai daya 3.3V dan ground pada ESP32 untuk memastikan stabilitas operasi.

Dalam proses perancangan di Fritzing, setiap komponen ditempatkan dan dihubungkan secara virtual, memungkinkan visualisasi yang jelas dan memudahkan identifikasi kesalahan dalam rangkaian. Skematik yang dihasilkan tidak hanya menunjukkan hubungan listrik antara komponen, tetapi juga membantu dalam menentukan tata letak fisik pada papan sirkuit yang akan digunakan. Dengan menggunakan Fritzing, dokumentasi dari rangkaian ini menjadi lebih mudah dipahami dan dapat digunakan sebagai panduan dalam proses pembuatan dan pengujian prototipe.

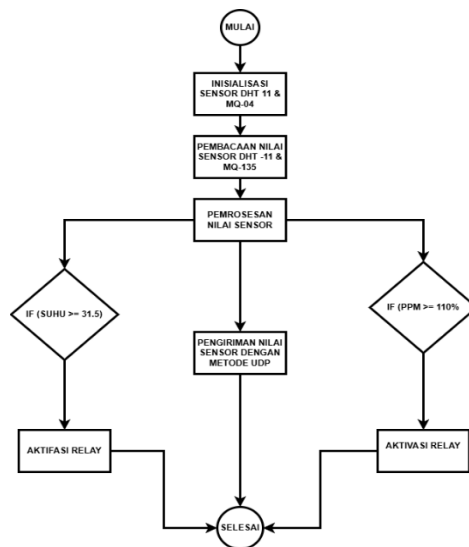
3.2 Perancangan Model



Gambar 3. Perancangan Model

Pada model rancangan ini menggambarkan beberapa modul yang saling terhubung satu sama lain. Terdapat beberapa modul diantaranya Modul main ESP32 sebagai inti komponen untuk mengendalikan beberapa modul yang terhubung, Modul-modul sensor seperti modul MQ-135 sebagai sensor Gas, Sensor DHT-11 Sebagai sensor suhu dan kelembaban yang semuanya dihubungkan ke ESP32, modul actuator seperti buzzer, dan kipas, modul power supply, dan modul relay.

3.3 Flowchart Sistem



Gambar 4. Flow Chart Diagram Alat

Flowchart berfungsi sebagai alat bantu visual yang penting dalam perancangan sistem pengendalian gudang menggunakan sensor DHT11, MQ-135, dan mikrokontroler ESP32. Flowchart memberikan gambaran jelas mengenai alur kerja sistem, mulai dari inisialisasi sensor hingga pengiriman dan visualisasi data di komputer. Ini membantu dalam memandu langkah-langkah pengembangan, mengidentifikasi potensi masalah, dan menyediakan dokumentasi terstruktur dari proses perancangan.

Pada gambar diatas dijelaskan bahwa tahapan pertama adalah inisialisasi dan pembacaan nilai-nilai dari kedua sensor oleh ESP32. Selanjutnya ESP32 akan mengirimkan nilai sensor ke komputer untuk ditampilkan. Selain itu ada beberapa algoritma yang diterapkan menggunakan metode If Else. Yaitu jika suhu lebih dari sama dengan 35 derajat maka mikrokontroler akan mengaktifkan relay untuk menjalankan fan atau kipas untuk menurunkan suhu ruangan. Dan apabila PPM gas diatas 110 maka ESP32 akan mengaktifkan relay untuk membunyikan Buzzer sebagai tanda peringatan.

3.4 Implementasi

3.4.1 Kalibrasi Sensor DHT-11

Kalibrasi adalah proses untuk memastikan bahwa sensor memberikan hasil pengukuran yang akurat dan konsisten. Sensor DHT11 yang digunakan dalam penelitian ini telah dikalibrasi oleh pabrikan. Proses ini dilakukan untuk menjamin bahwa sensor memberikan pembacaan suhu dan kelembaban yang tepat sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Dalam konteks sistem pengendalian gudang yang dirancang dalam penelitian ini, kalibrasi sensor DHT11 memastikan bahwa data suhu dan kelembaban yang dikumpulkan dapat diandalkan untuk pemantauan kondisi lingkungan gudang. Dengan demikian, meskipun sensor ini memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dibandingkan dengan sensor kelas industri, kalibrasi yang telah dilakukan memungkinkan penggunaan yang efektif untuk aplikasi ini. Berikut adalah tabel kalibrasi sensor DHT-11 :

Tabel 1. Kalibrasi Sensor DHT-11

NO	SENSOR DHT-11	SENSOR TERKALIBRASI	ERROR %
1	25	27	7%
2	25	27	7%
3	25	25	0%
4	24	26	8%
5	24	25	4%
6	23	25	8%
7	23	26	12%
8	25	27	7%
9	25	26	4%
10	25	27	7%
11	26	27	4%
12	26	29	10%
13	27	29	7%
14	28	29	3%
15	28	29	3%
PERSENTASE ERROR			6%

Pada tabel diatas menunjukkan dari beberapa nilai kalibrasi menghasilkan persentaser error sebesar 6%. Persentase error adalah nilai atau tolak ukur ketidak akuratan sensor dalam membaca suhu dan kelembaban.

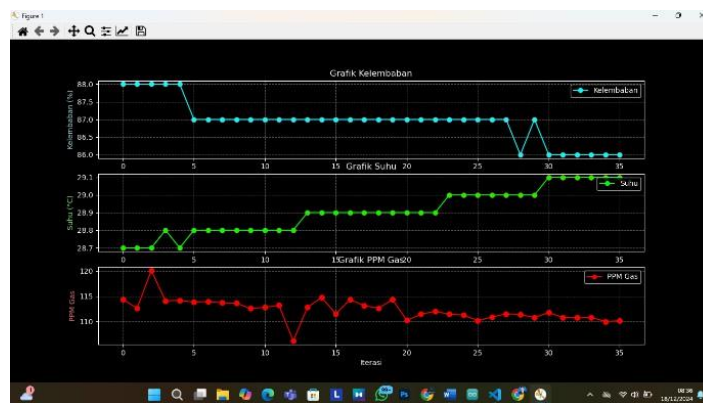
3.4.2 Kalibrasi Sensor MQ-1

Tabel 2. Kalibrasi Sensor MQ-1

NO	SENSOR MQ-135	SENSOR TERKALIBRASI	ERROR %
1	60	61	2%
2	60	61	2%
3	60	61	2%
4	60	62	3%
5	61	62	2%
6	61	62	2%
7	60	62	3%
8	62	61	2%
9	62	61	2%
10	63	62	2%
11	63	62	2%
12	65	62	5%
13	65	66	2%
14	65	66	2%
15	65	66	2%
PERSENTASE ERROR			2%

Pada tabel diatas setelah dilakukan pengkalibrasian pada sensor gas dari 15 sampel yang telah diuji menunjukkan bahwa Tingkat error atau Tingkat kesalahan dalam pembacaan sensor gas sebesar 2%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat akurasi sensor gas dalam mendeteksi kadar gas sudah cukup akurat dalam membaca nilai konsentrasi gas (PPM).

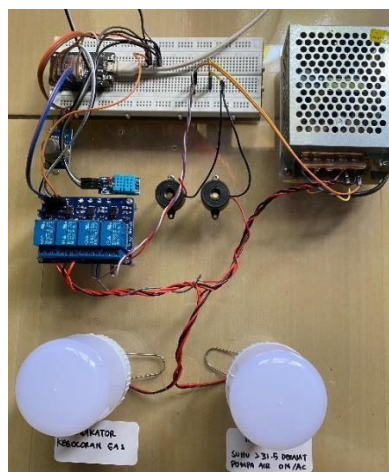
3.4.3 Tampilan Visualisasi Data



Gambar 5. Tampilan Visualisasi Data

Pada gambar diatas menunjukkan tampilan atau visualisasi data dari masing-masing sensor yang dikirim alat ke *device* komputer/laptop secara *Real-time*. Pada grafik ini pengguna dapat melihat dan mengontrol keadaan suhu, kelembaban dan konsentrasi gas melalui *device* komputer. Tampilan nilai sensor disajikan dalam bentuk grafik sehingga memungkinkan pengguna melihat naik dan turunnya suhu, kelembaban dan konsentrasi gas.

3.4.4 Tampilan Alat



Gambar 6. Tampilan Alat

Pada gambar diatas menunjukkan tampilan keseluruhan alat, semua modul pengontrol, modul aktuator dan power supply dipasang ke papan akrilik bening. fungsi lampu 1 digunakan untuk menghubungkan alat ke alat pemadam seperti pompa air ketika alat mendeteksi suhu panas yang abnormal, sedangkan lampu 2 sebagai indikator ketika terjadi kebocoran gas maka lampu akan menyala. Selain lampu, pada alat ini diupasang 2 buah buzzer untuk indikator bunyi yang akan dikeluarkan alat ketika alat mendeteksi suhu dan ppm gas yang abnormal. Kedua buzzer tersebut mempunyai irama yang berbeda untuk membedakan mana sensor yang menyala. Buzzer 1 di set akan berbunyi ketika terjadi kenaikan suhu dengan irama blink selama 300 mili detik, sedangkan buzzer 2 akan menyala ketika alat mendeteksi ppm gas yang tinggi maka buzzer akan berbunyi blink selama 700 mili detik.

3.5 Pengujian

3.5.1 Pengujian Sensor DHT-11



Gambar 7. Pengujian Sensor DHT-11

Pada gambar diatas dilakukan kondisi untuk menaikkan suhu secara konstan dengan cara mendekatkan objek panas ke arah sensor suhu untuk menguji apakah sensor suhu tersebut merespon kenaikan suhu atau tidak. Dari hasil pengujian terlihat bahwa alat mengirimkan data lonjakan pada suhu dengan ditunjukkan kenaikan pada grafik diatas.

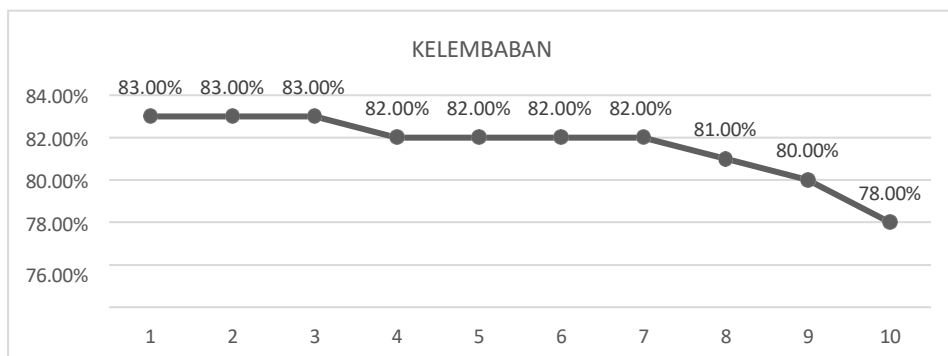
Pada gambar diatas juga, Ketika sensor suhu didekatkan dengan objek yang panas maka bisa dilihat bahwa kelembaban juga mengalami kenaikan secara bersamaan dengan kenaikan suhu. Kelembaban naik dari angka konstan normal di angka 82 ke angka 90, namun penurunan kelembaban sedikit lambat dibandingkan dengan penurunan suhu.

Tabel 3. Tabel Pengujian Sensor DHT-11

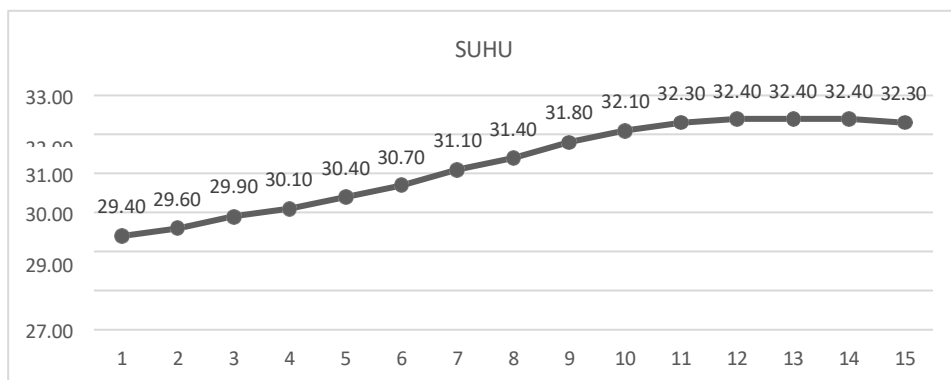
No	Jam	Kelembaban	Suhu	Status	Ket
1	06:15:06.166	84,00%	27,10	OFF	
2	06:15:08.216	84,00%	27,10	OFF	1,2
3	06:15:10.220	84,00%	27,10	OFF	Menit
4	06:15:12.224	84,00%	27,10	OFF	
5	06:15:14.366	84,00%	27,10	OFF	
6	06:15:16.320	84,00%	27,10	OFF	
7	06:15:18.302	84,00%	27,10	OFF	
8	06:15:20.327	84,00%	27,10	OFF	1,2
9	06:15:22.390	84,00%	27,10	OFF	Menit
10	06:15:24.381	84,00%	27,10	OFF	
...	
31	06:16:06.938	82,00%	30,70	OFF	
32	06:16:09.036	82,00%	31,10	ON	
33	06:16:11.040	81,00%	31,40	ON	
34	06:16:14.843	80,00%	31,80	ON	
35	06:16:18.675	78,00%	32,10	ON	
36	06:16:22.546	76,00%	32,30	ON	1,55
37	06:16:26.815	74,00%	32,40	ON	Menit
...	
71	06:18:02.017	70,00%	30,10	ON	
72	06:18:04.064	70,00%	30,00	ON	
73	06:18:06.067	70,00%	29,90	ON	

Pada data tabel diatas dilakukan pengujian untuk melihat respons sensor terhadap perubahan suhu dengan mendekatkan objek panas ke arah sensor suhu. Pada data tabel diatas, sensor suhu

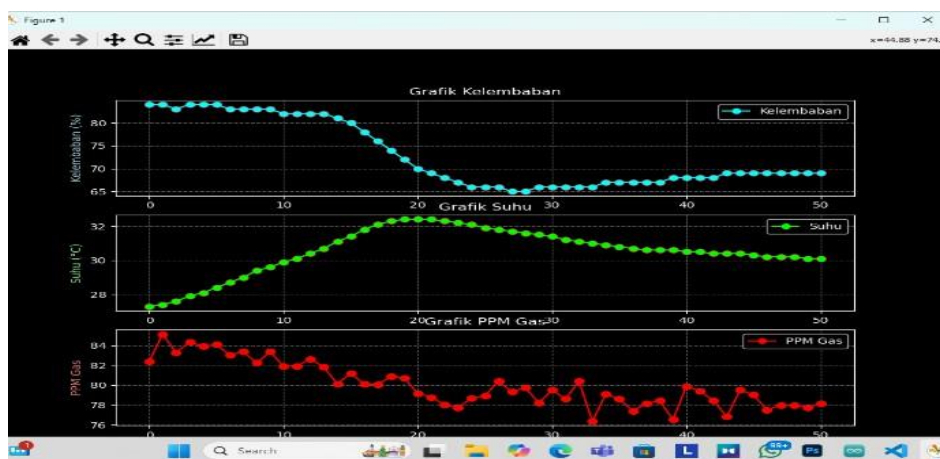
perlu waktu sekitar 1.2 menit untuk merespon terhadap perubahan suhu secara tiba-tiba dan memerlukan waktu sekitar 1.5 menit untuk membaca suhu normal kembali.



Gambar 8. Grafik Suhu



Gambar 9. Grafik Kelembapan



Gambar 10. Tampilan visualisasi data sensor

Pada gambar pengujian yang kedua menunjukkan perbedaan pada pengujian pertama bahwa ketika objek panas didekatkan kepada sensor suhu, maka sensor membutuhkan waktu 1.2 menit untuk membaca kenaikan suhu pada objek panas dan memerlukan 1.5 menit untuk mendeteksi penurunan

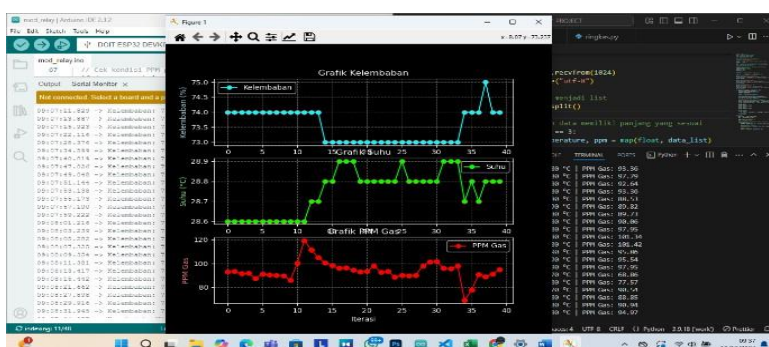
suhu ketika objek panas dijauhkan. Dan pada grafik diatas menunjukkan ketika suhu mengalami kenaikan maka kadar kelembaban mengalami penurunan bersamaan dengan kenaikan suhu.

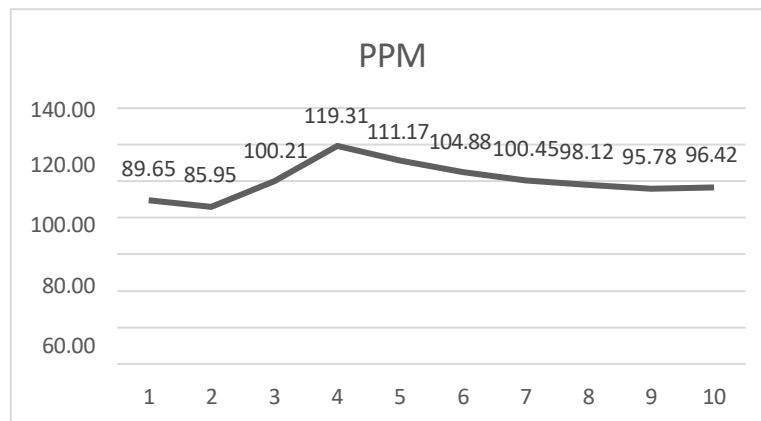
3.5.2 Pengujian Sensor MQ-135

Tabel 4. Pengujian Sensor MQ-135

No	Jam	PPM	Status	Ket
1	09:07:11.829	89,65	OFF	4,09
2	09:07:13.887	85,95	OFF	DETIK
3	09:07:15.923	100,21	ON	
4	09:07:22.116	119,31	ON	24,89
5	09:07:28.376	111,17	ON	DETIK
6	09:07:34.599	104,88	ON	
7	09:07:40.819	100,45	ON	
8	09:07:47.026	98,12	OFF	
9	09:07:49.048	95,78	OFF	
10	09:07:51.144	96,42	OFF	
11	09:07:53.138	94,41	OFF	
12	09:07:55.173	92,80	OFF	
13	09:07:57.190	93,36	OFF	
14	09:07:59.222	97,79	OFF	
15	09:08:01.216	92,64	OFF	
16	09:08:03.239	93,36	OFF	
17	09:08:05.282	88,53	OFF	
18	09:08:07.325	89,82	OFF	
19	09:08:09.354	89,73	OFF	
20	09:08:11.381	90,06	OFF	
21	09:08:13.417	97,95	OFF	
22	09:08:15.442	101,34	ON	
23	09:08:21.662	101,42	ON	
24	09:08:27.898	95,86	OFF	
25	09:08:29.916	95,54	OFF	
26	09:08:31.945	97,95	OFF	

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa responsive sensor gas sangat cepat untuk dapat mendeteksi gas yang bocor. Sensor MQ-135 mampu membaca lonjakan gas dengan waktu 4,9 detik dan mampu membaca selama 24,89 detik dalam satu kali semprotan gas bocor. Dibandingkan dengan sensor suhu, sensor gas yang terpasang di alat ini cenderung lebih cepat dalam membaca lonjakan nilai.





Gambar 11. Grafik Kenaikan PPM Sensor Gas

3.5.3 Evaluasi

Berdasarkan hasil pengujian *Warehouse Monitoring System* yang menggunakan ESP32, sensor suhu dan kelembaban DHT11, serta sensor gas MQ2, diperoleh hasil sebagai berikut: Sensor suhu DHT11 memiliki delay selama **1 menit 2 detik** untuk membaca suhu dan membutuhkan waktu **1 menit 55 detik** untuk menunjukkan penurunan suhu setelah objek panas dijauhkan. Sementara itu, sensor gas MQ2 mampu mendeteksi kebocoran gas dalam waktu **4,89 detik**, dan untuk gas yang disemprotkan, sensor membutuhkan waktu **24,89 detik**. Dalam pengujian sensor suhu dan kelembaban, hasil berbeda didapatkan pada dua kali uji coba. Pada uji coba pertama, ketika suhu naik, kelembaban ikut naik. Namun, pada uji coba kedua, ketika suhu naik, kelembaban justru turun. Sistem ini berjalan dengan baik meskipun terdapat delay pada sensor suhu. Optimalisasi pada sensor suhu diperlukan untuk mempercepat waktu respons dan meningkatkan kinerja alat.

4. Kesimpulan

Bagian Kesimpulan ini adalah bagian yang harus menjawab tujuan dari penelitian, maka Kesimpulan dalam penelitian ini antara lain : Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat otomatisasi berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32 untuk sistem kontrol gudang, yang memanfaatkan sensor DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban, serta sensor MQ-135 untuk deteksi gas. Sistem ini mencapai tujuan penelitian dengan baik melalui beberapa langkah sebagai berikut:

- Mikrokontroler NodeMCU ESP32 berhasil diterapkan sebagai kendali utama dalam sistem, yang mampu mengumpulkan data dari sensor DHT11 dan MQ-135 secara efektif. ESP32 berfungsi sebagai otak sistem, menghubungkan sensor dengan komputer server melalui jaringan Wi-Fi, memungkinkan pengumpulan data sensor secara real-time.
- Program berbasis C++ yang dikembangkan untuk NodeMCU ESP32 telah berhasil mengirimkan data dari sensor ke komputer server melalui jaringan Wi-Fi. Protokol UDP digunakan untuk mengirimkan data secara cepat dan efisien, meskipun dengan sedikit.
- Program Python yang menggunakan pustaka Matplotlib berhasil membuat antarmuka pengguna yang intuitif dan mampu memvisualisasikan data sensor secara real-time. Visualisasi ini menampilkan grafik suhu, kelembaban, dan kadar gas yang dipantau, sehingga mempermudah pengguna dalam memantau kondisi lingkungan gudang dengan jelas dan mudah dimengerti. Grafik dilengkapi dengan marker merah untuk menandai perubahan signifikan, dan latar belakang gelap serta grid yang mempermudah pembacaan data.

Secara keseluruhan, sistem ini berhasil memenuhi tujuan penelitian dengan baik, memberikan solusi yang efisien untuk pemantauan kondisi gudang melalui sensor suhu, kelembaban, dan deteksi gas secara otomatis. Implementasi mikrokontroler NodeMCU ESP32, pemrograman berbasis C++, serta visualisasi data menggunakan Python telah terbukti efektif dalam mempermudah pengelolaan gudang secara real-time.

Referensi

- [1] Santosa, R., Sari, P. A., & Sasongko, A. T. (2023). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT (Internet of Thing) pada Gudang Penyimpanan PT Sakafarma Laboratories. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 5(4), 391–400. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i4.943>
- [2] Bimanta, G. A., Prisca, C., Larasati, T., & Pradana, I. M. (2022). Sistem Pengendali Suhu Ruang berbasis IoT Pada Gudang dengan Metode KNN. *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, 4(1), 9–17.
- [3] Chiu, E., Simatupang, J. W., Hakiki, R., & Sidjabat, F. M. (2021). Prototype of Air Quality Sensor for Gas Pollutants Monitoring System in Industrial and Residential Estates. *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 17(1), 96–123. <https://doi.org/10.25105/jetri.v19i1.9812>
- [4] Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. *Jurnal Ampere*, 4(1), 187. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2745>
- [5] Adiptya, M., & Wibawanto, H. (2013). Sistem Pengamatan Suhu Dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega8. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 5(1), 15–17.
- [6] Rosa, A. A., Simon, B. A., & Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 23–28. <https://doi.org/10.31937/sk.v12i1.1611>
- [7] Kamal, K., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi (TEKNOS)*, 1(1), 1–10.
- [8] K. R., S. (2017). Python -The Fastest Growing Programming Language. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(12), 354–357.
- [9] Asiva Noor Rachmayani. (2015). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析* Title. 6.
- [10] *View of Implementasi IoT (Internet of Things) dalam pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang.pdf*. (n.d.)