

SISTEM MONITORING PADA RUANG PERPUSTAKAAN BERBASIS INTERNET OF THINGS

Andre William ¹,

Program Studi Broadband Multimedia Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta

Email: williamandre059@gmail.com

Agus Wagyana ²

Program Studi Broadband Multimedia Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta

Email: agus.wagyana@elektro.pnj.ac.id

ABSTRACTS : An Internet of Things (IoT) based library room monitoring system is an innovative solution that utilizes the latest technology to help monitor temperature, humidity, lighting levels and noise levels in library rooms. This system is designed to provide accurate and fast information to library managers. This system aims to make it easier for library managers to monitor library space. This system can be accessed via a mobile application, allowing library managers to monitor the library situation remotely. This system uses sensors connected to the internet to collect real-time data about the condition of the library room. These sensors are placed in the library reading room to monitor these parameters and send data to the database. The design of this monitoring system uses the ESP32 device as the main microcontroller which controls each sensor and internet connection and the ESP32CAM as the camera. The measurement of the relative error value is calculated based on the difference between the value from the actual tool and the value read by the sensor used. The value of the actual measuring instrument obtained will be used to calibrate each sensor so that the sensor results will be close to the value of the measurement results of the measuring instrument. Testing for each sensor is carried out 10 – 20 times to get more accurate test results. The relative error value for the DHT22 sensor temperature is 1.15% and the humidity is 5.12%. The relative error values for the BH1750 sensor when the lights are off and on are 2.84% and 2.10% respectively. The relative error values for the MAX 9814 sound sensor at a distance of 4 meters and 3 meters are 6.02% and 6.24% respectively. When noise occurs, the tool will respond in the form of a buzzer sound and take an image from the ESP32 CAM. The error values that appear on the BH 1750 and DHT 22 sensors are because the measuring instrument has the accuracy value of the measuring instrument, as well as the sensor accuracy, whereas in the MAX 9814 Sensor test it is due to deficiencies in the conversion of bit values to dB form and imperfect sensor calibration.

Keyword: IoT; humidity; noise; lighting level; temperature.

ABSTRAK: Sistem monitoring ruangan perpustakaan berbasis Internet of Things (IoT) merupakan solusi inovatif yang memanfaatkan teknologi terkini untuk membantu memonitoring suhu, kelembapan, tingkat pencahayaan dan tingkat kebisingan pada ruang perpustakaan. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi yang akurat dan cepat kepada pengelola perpustakaan. Sistem ini bertujuan untuk mempermudah pengelola perpustakaan dalam memantau ruang perpustakaan. Sistem ini dapat diakses melalui aplikasi mobile, memungkinkan pengelola perpustakaan untuk memantau situasi perpustakaan dari jarak jauh. Sistem ini menggunakan sensor yang terhubung dengan internet untuk mengumpulkan data secara real-time tentang kondisi ruangan perpustakaan. Sensor-sensor ini ditempatkan di bagian ruangan baca perpustakaan untuk memantau parameter-parameter tersebut dan mengirimkan data ke *database*. Perancangan sistem monitoring ini menggunakan perangkat ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan setiap sensor dan koneksi internet dan ESP32CAM sebagai kameranya. Pengukuran nilai eror relatif dihitung berdasarkan perbedaan antara nilai dari alat aktual yang ada dengan nilai yang dibaca oleh sensor yang digunakan. Nilai dari alat ukur aktual yang didapatkan akan digunakan untuk kalibrasi dari setiap sensor agar hasil sensor nantinya mendekati nilai dari hasil pengukuran alat ukur. Pengujian tiap sensor dilakukan 10 – 20 kali untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih akurat. Nilai eror relatif suhu sensor DHT22 adalah 1,15% dan kelembapannya 5,12%. Nilai eror relatif pada sensor BH1750 pada saat lampu mati dan menyala masing masing 2,84% dan 2,10%. Nilai eror relatif pada sensor suara MAX 9814 pada jarak 4 meter dan 3 meter masing masing 6,02% dan 6,24%. Saat terjadi kebisingan, alat akan memberikan respon berupa bunyi buzzer dan pengambilan gambar dari ESP32 CAM. Nilai eror yang muncul pada sensor BH 1750 dan DHT 22 karena alat ukur memiliki nilai akurasi dari alat ukur, serta akurasi sensor sedangkan pada pengujian Sensor MAX 9814 adalah karena kekurangan dalam konversi nilai bit ke bentuk dB serta kalibrasi sensor yang kurang sempurna.

Kata Kunci: IoT; kelembapan; kebisingan; tingkat pencahayaan; suhu.

PENDAHULUAN

Penerapan Internet Of Things salah satunya ditemui pada sistem monitoring ruang perpustakaan. Penerapan Internet Of Things salah satunya ditemui pada sistem monitoring ruang perpustakaan. Monitoring ruang perpustakaan memiliki beberapa parameter yang harus diperhatikan. Parameter tersebut yakni suhu, tingkat kelembapan, tingkat pencahayaan, dan tingkat kebisingan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup KEP-48/MENLH/11/1996, nilai kebisingan maksimal yang direkomendasikan pada ruang perpustakaan sebesar 55 dB(A). Nilai suhu dan kelembapan yang dianjurkan dalam ruangan ruang koleksi buku, ruang baca dan area kerja adalah 22 - 25 °C dan 20 °C untuk ruang komputer, dengan tingkat kelembapan relatif sebesar 45 - 55%. Menurut standard pada SNI 6197:2021 mengenai tingkat minimal pencahayaan, tingkat

^{1,2} Politeknik Negeri Jakarta

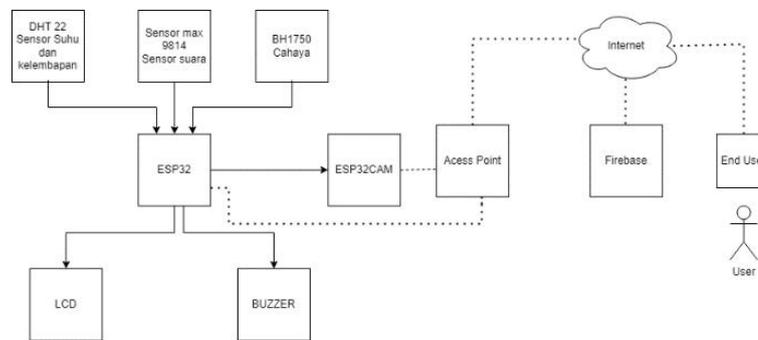
pencahayaannya minimal ruang perpustakaan sebesar 300 lux.

Kebisingan adalah suara yang tidak dikehendaki oleh telinga yang berasal dari sumber bunyi di lingkungan sekitar[1]. Pencahayaan merupakan aspek yang sangat berharga dan penting dalam mendesain sebuah ruangan agar dapat berfungsi dengan baik. Namun jika pencahayaan kurang memadai dan tidak memenuhi standar yang telah ditentukan, seperti cahaya redup (redup) atau sangat terang, dapat menghalangi pandangan setiap pengguna ruangan. Oleh karena itu, tingkat pencahayaan harus direncanakan sesuai dengan luas dan fungsi ruangan sehingga aman untuk ditinggali dan menimbulkan rasa nyaman secara visual[2]. Semakin rendah suhu dan kelembapan penyimpanan, semakin lama kertas akan mempertahankan kekuatan fisiknya. Kelembapan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menimbulkan masalah. Kombinasi suhu tinggi dan kelembapan tinggi mempercepat pertumbuhan jamur dan serangga. Kelembapan yang terlalu tinggi akan menyebabkan tinta yang larut dalam air menyebar dan kertas menempel pada buku, yang akan sulit dihilangkan saat mengering. Sebaliknya, jika kelembapan terlalu rendah, kertas akan mengering dan sampul kulit akan kusut. Temperatur yang tinggi dapat menyebabkan kertas menjadi rapuh dan kuning. Jika kelembapan terlalu tinggi, buku dapat terserang jamur, rayap, kecoa, kutu, gegat, sehingga buku menjadi rapuh dan mudah sobek[3].

Dari parameter sebelumnya, maka perlu adanya standard parameter yang mengatur nilainya agar keadaan perpustakaan semakin lebih baik. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup KEP-48/MENLH/11/1996, nilai kebisingan maksimal yang direkomendasikan pada ruang perpustakaan sebesar 55 dB(A). Nilai suhu dan kelembapan yang dianjurkan dalam ruangan ruang koleksi buku, ruang baca dan area kerja adalah 22 - 25 °C dan 20 °C untuk ruang komputer, dengan tingkat kelembapan relatif sebesar 45 - 55%. Menurut standard pada SNI 6197:2021 mengenai tingkat minimal pencahayaan, tingkat pencahayaan minimal ruang perpustakaan sebesar 300 lux.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi pustaka dan metode perancangan. Literatur review adalah mengidentifikasi kesenjangan (identify gaps), menghindari pembuatan ulang (reinventing the wheel), mengidentifikasi metode yang pernah dilakukan, meneruskan penelitian sebelumnya, serta mengetahui orang lain yang spesialisasi dan area penelitiannya sama di bidang ini. Sistem monitoring ruang perpustakaan dapat mendeteksi parameter suhu, kelembapan, tingkat cahaya, dan tingkat kebisingan dengan menggunakan sensor sensor yang ditentukan.



■ Gambar 1. Diagram blok sistem monitoring

■ Tabel 1. Standard parameter

No	Parameter	Standard
1	Cahaya	>300 lux
2	Suhu	22-25° C
3	Kelembapan	45-55%
4	Intensitas suara	<55 dB

Perancangan dilakukan agar mempermudah untuk mengukur setiap parameter yang akan diamati nantinya. Sensor-sensor yang dipilih adalah sensor yang memiliki nilai eror yang lebih rendah dibandingkan dengan sensor sensor yang lain. Pemilihan sensor didasari dari studi literatur, serta melakukan percobaan dan pengukuran untuk melihat sensor mana yang paling mendekati nilai dari hasil alat ukur yang ada di pasar. Terdapat 3 sensor yang digunakan yaitu DHT22 sebagai sensor yang mengukur suhu dan kelembapan, BH 1750 yang dapat mengukur tingkat cahaya dalam satuan lux, serta sensor suara MAX 9814 yang dapat mendeteksi

suara. Alat ini di program dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Output dari alat ini berupa tampilan nilai di LCD, dan buzzer. Untuk pendeteksi kebisingan menggunakan MAX9814, Hasil dari pembacaan sensor akan di upload ke firebase, dan ditampilkan melalui LCD. Diagram blok sistem ini dapat dilihat pada gambar 1. Terdapat standard yang ditentukan diantaranya ditunjukkan pada tabel 1. Data yang tidak sesuai dengan standard akan dikirim ke firebase sebagai log untuk dilihat nantinya.

Komponen mikrokontroler utama yang mengatur setiap komponen lain serta nilai masuk dari sensor adalah ESP 32. Alasan penggunaan ESP32 karena ESP 32 adalah mikrokontroler yang terintegrasi oleh WIFI dan Bluetooth sehingga dapat terkoneksi oleh 20 komponen eksternal [4]. Sebagai mikrokontroler, modul ESP32 memiliki prosesor dan memori yang dapat diintegrasikan dengan sensor dan aktuator melalui pin GPIO. ESP32 memiliki total 30 pin yang multi fungsi. Penggunaan pin berbeda-beda tergantung fungsinya. Keunggulan ESP32 adalah memiliki banyak pin yang dapat berfungsi sebagai analog atau digital sesuai dengan konfigurasi. Gambar ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.



■ Gambar 2. ESP32

Modul Kamera yang digunakan adalah ESP32-CAM. Alasan penggunaan modul ESP32-CAM adalah karena umum digunakan untuk proyek IoT (Internet of Things) yang membutuhkan fungsionalitas kamera [5]. Harga ESP32 CAM juga lebih murah dengan hasil gambar yang cukup bagus. Gambar ESP32CAM dapat dilihat pada Gambar 3



■ Gambar 3. ESP32CAM

LCD yang digunakan adalah LCD 20 x 4 menggunakan IC I2C. LCD ini digunakan karena harga yang cukup murah, serta ukuran yang tidak terlalu besar, namun tidak terlalu kecil sehingga mudah dilihat oleh pengunjung, serta mempermudah untuk pemasangan saat pembuatan alat. LCD (Liquid Crystal Display) adalah jenis suatu media tampil yang menggunakan cairan kristal sebagai penampil utama. Penggunaan modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan. Modul I2C maka hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND[6]. Gambar LCD dapat dilihat pada Gambar 4



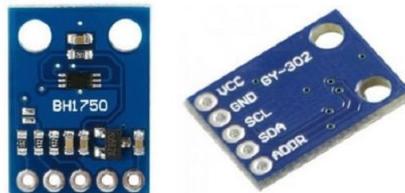
■ Gambar 4. LCD

Sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat suara adalah sensor MAX 9814. Penggunaan Sensor MAX 9814 sendiri adalah sensor memiliki rentang 28-60 dB. MAX 9814 memiliki fitur Automatic Gain Controller sehingga suara yang dihasilkan lebih stabil [7]. Sensor MAX 9814 memiliki 4 pin diantaranya yaitu VDD, GND, OUT, DAN GAIN. Pin pada gain dihubungkan agar nilai yang masuk ke sensor dapat lebih stabil dan akurat. Gambar Sensor MAX 9814 dapat dilihat pada Gambar 5.



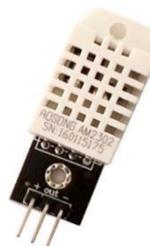
■ Gambar 5. MAX 9814

Sensor yang digunakan untuk mengukur parameter tingkat cahaya adalah sensor BH 1750. Sensor ini digunakan karena sensor BH1750 adalah sensor berbasis IC yang digunakan untuk mengukur perubahan intensitas cahaya dalam bentuk ukuran atau satuan lux[8]. Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler atau. Jangkauan deteksi sensor ini cukup luas yaitu dari 1 hingga 65535 lux. Karena data yang dihasilkan dalam bentuk lux, maka dalam rancangan program nanti tidak perlu melakukan konversi nilai analog. Gambar Sensor BH1750 dapat dilihat pada gambar 6.



■ Gambar 6. BH1750

Sensor yang digunakan dalam mengukur tingkat suhu dan kelembapan adalah sensor DHT 22. Sensor DHT22 digunakan karena mampu mengukur 2 parameter lingkungan secara bersamaan, membaca suhu dan kelembapan dengan cukup akurat yaitu temperatur udara dan kelembapan[9]. Sensor DHT 22 memiliki 2 versi yaitu versi 4 pin dan versi 3 pin. Tidak ada perbedaan karakteristik antara 2 versi ini. Pada versi 4-pin, Pin 1 adalah sumber tegangan, mulai dari 3V hingga 5V. Pin 2 adalah data keluaran (output). Pin ke-3 adalah alias dari pin NC (normally closed) yang tidak digunakan dan pin ke-4 di-ground. Sementara dalam versi 3-pin pin 1 adalah VCC antara 3V dan 5V, pin 2 adalah keluaran data dan pin 3 adalah ground. Gambar sensor DHT22 dapat dilihat pada Gambar 7.

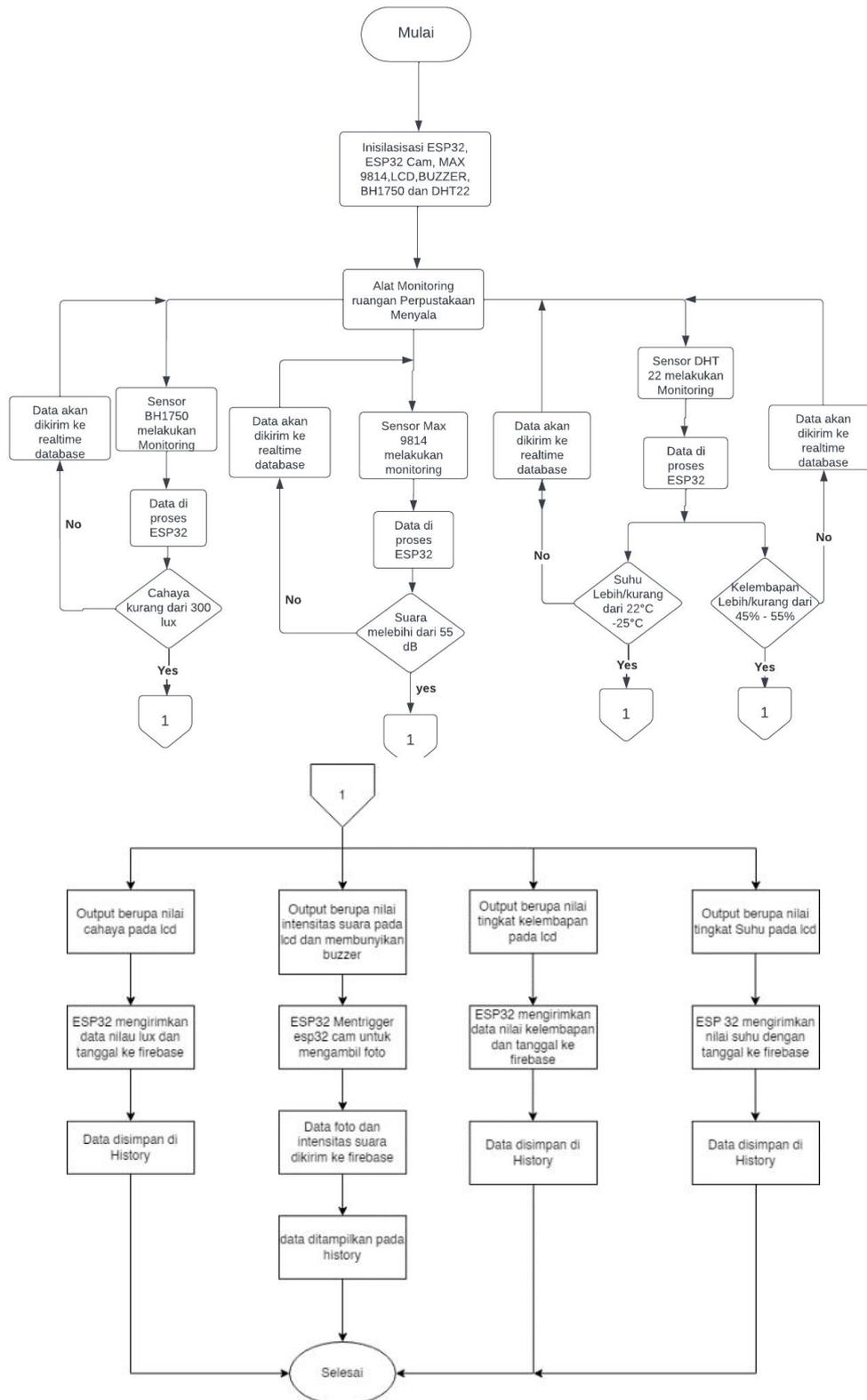


■ Gambar 7. DHT22

Database yang digunakan dalam rancangan ini adalah Firebase. Firebase digunakan karena Firebase adalah layanan dari Google yang bertujuan untuk mempermudah bahkan lebih mudah bagi pengembang aplikasi untuk mengembangkan aplikasi. Firebase alias BaaS (Backend Service) adalah solusi yang diberikan oleh Google untuk mempercepat kerja developer[10]. Firebase juga layanan database cloud yang bersifat gratis sehingga tidak perlu membayar biaya hosting, dan penyimpanan data.

Pada parameter tingkat kebisingan, ESP32CAM yang akan mengambil gambar ruangan ketika nilai

kebisingan yang terdeteksi diatas 55 db. Hasil gambar juga akan di upload ke firebase agar dapat dilihat nantinya. Kemudian, Buzzer akan berbunyi saat kebisingan melebihi 55 dB.



■ Gambar 8. Flowchart sistem

■ **Tabel 2.** Spesifikasi komponen

Komponen	Spesifikasi
power adapter USB	Input 220V AC ; Output 5V ,1 A DC
ESP32 DEVKIT V1	Input 5 V DC 48 GPIO , 15 Pin analog to digital converter , 2 pin Digital to analaog converter ; 802.11 b/g/n tipe HT40.
ESP 32 CAM	802.11b/g/n Wi-Fi; Mendukung kamera OV2640 Wide Angle 160° 1600x1200 pixels; Mendukung Micro SD Card; Mendukung pengunggahan gambar melalui Wi-FI
MAX 9814	Input 2.7V to 5.5V dengan input maksimal mencapai 60db
DHT 22	Input 3.5V to 5.5V ; Humidity Range: 20% to 90% ; Temperature Range: 0°C to 50°C dengan akurasi: ±1°C and ±1%
BH1750	Input 3.5V to 5.5V; Wide range and High resolution. (1 - 65535 lx) 50Hz / 60Hz Light noise reject-function; I2C Interface

Flowchart sistem dapat dilihat pada gambar 8. dan spesifikasi komponen terdapat pada tabel 2. Jika alat sudah sesuai dengan deskripsi, dan cara kerja, dapat disimpulkan bahwa penelitian dapat dilakukan ke langkah selanjutnya.

Agar alat dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal, maka diperlukan pengujian perangkat diantaranya

1. Pengujian akurasi setiap sensor dengan alat ukur yang ada di pasaran
2. Pengujian hasil gambar yang ditangkap ESP32CAM
3. Pengujian delay untuk mengetahui kecepatan pengiriman data ke database

Hasil pengujian akurasi setiap sensor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1

$$\% _error _relatif = \frac{\text{Nilai alat uji} - \text{nilai sensor}}{\text{nilai alat uji}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian tingkat suhu. Pengujian tingkat suhu dilakukan menggunakan alat ukur HTC 2 sebagai alat ukur pembanding yang ada di pasar, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan yang didapat dari DHT 22 yang ditampilkan di LCD. Hasil dari pengujian dapat dilihat tabel 3.

■ **Tabel 3.** Hasil pengujian suhu

No	Hasil Sensor	Hasil alat ukur	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)	pesan
1	24,6	24,9	0,3	1,20	normal
2	24,6	24,9	0,3	1,0	normal
3	24,6	25,0	0,4	1,60	normal
4	24,6	25,1	0,5	1,99	normal
5	24,5	25,3	0,8	3,16	normal
6	24,5	25,3	0,8	3,16	normal
7	24,6	25,1	0,5	1,99	normal
8	24,6	25,0	0,4	1,60	normal
9	24,6	25,0	0,4	1,60	normal
10	25,0	25,1	0,1	0,40	normal
11	25,0	25,1	0,1	0,40	normal
12	25,0	25,1	0,1	0,40	normal
13	25,0	25,1	0,1	0,40	normal
14	25,0	25,1	0,1	0,40	normal
15	25,0	25,1	0,1	0,40	normal

16	25,4	25,3	0,1	0,40	panas
17	25,4	25,3	0,1	0,40	panas
18	25,5	25,3	0,2	0,79	panas
19	25,5	25,3	0,2	0,79	panas
20	25,5	25,3	0,2	0,79	panas
Rata Rata	24,925	25,135	0,29	1,15	



■ **Gambar 9.** Hasil pengujian suhu dan kelembapan

Hasil pengukuran rata rata pengukuran suhu pada sensor DHT22 adalah 24,925 dan pada HTC 2 sebesar 25,135^o C. Karena hasil pengujian ke-15, nilai dari suhu dari DHT 22 lebih besar dari HTC 2. Maka nilai perbedaannya akan dikurangi di setiap percobaan, kemudian menggunakan Persamaan 1., maka nilai eror relatif didapatkan di setiap percobaan. Rata rata nilai perbedaannya adalah sebesar 0,29^o C dengan nilai rata rata dari eror relatif pada suhu sebesar 1,15%. LCD akan menampilkan bahwa status “panas” dan data nilai suhu akan dikirim ke firebase dan disimpan pada data history. Pada saat suhu diantara 22-25^o C LCD akan menampilkan pesan “normal”. Data yang dikirim ke Firebase hanya akan ditimpa dan tidak di simpan ke history. Gambar pengujian dapat dilihat pada Gambar 9. Terdapat nilai error antara hasil pengukuran sensor dan HTC 2 karena akurasi dari alat ukur HTC 02 sebesar ± 1^o C. DHT 22 juga memiliki tingkat akurasi sebesar ± 0.5^o C. Kemudian, terdapat faktor lain yaitu pengkalibrasian sensor yang kurang sempurna sehingga terjadi perbedaan dalam nilai sensor dan alat ukur. Namun rata rata nilai perbedaannya hanya sebesar 0,29^o C. Perbedaan itu cukup kecil sehingga tidak mempengaruhi kinerja alat dalam mengukur tingkat suhu.

Pengujian kedua yang dilakukan adalah pengujian kelembapan. Pengujian kelembapan dilakukan menggunakan alat ukur HTC 2 sebagai alat ukur pembanding yang ada di pasar, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan yang di dapat dari DHT 22 yang ditampilkan di LCD. Hasil dari pengujian dapat dilihat tabel 4

■ **Tabel 4.** Hasil pengujian kelembapan

No	Hasil Sensor (%)	Alat ukur (%)	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)	pesan
1	46	46	0	0,00	normal
2	46	46	0	0,00	normal
3	46	46	0	0,00	normal
4	48,4	46	2,4	5,22	normal
5	47,8	45	2,8	6,22	normal
6	47,7	45	2,7	6,00	normal
7	47,7	45	2,7	6,00	normal
8	47,6	45	2,6	5,78	normal
9	47,5	45	2,5	5,56	normal
10	47,5	45	2,5	5,56	normal
11	47,5	45	2,5	5,56	normal
12	47,4	45	2,4	5,33	normal
13	46,2	42	4,2	10,00	normal
14	46,3	42	4,3	10,24	normal
15	46,10	42	4,1	9,76	normal
16	41,7	40	1,7	4,25	kering
17	41,7	40	1,7	4,25	kering
18	41,7	40	1,7	4,25	kering

19	41,7	40	1,7	4,25	kering
20	41,7	40	1,7	4,25	kering
rata rata	45,71	43,5	2,21	5,12	

Tabel 4. menunjukkan nilai kelembapan rata-rata pada DHT 22 adalah 45,71% dan pada HTC 43,5%. Dengan menggunakan cara yang sama dengan pada saat pengukuran suhu, maka didapatkan Nilai perbedaan kelembapannya sebesar 2,21%, dengan nilai error relatif sebesar 5,12%. Saat kelembapan ruangan terlalu rendah, LCD akan menampilkan status “Kering” dan data kelembapan akan dikirim ke history. Saat status pada LCD “normal” yaitu antara 45-55%, maka data kelembapan akan dikirim realtime database dan data yang dikirim akan ditimpa dengan yang baru masuk. Terdapat nilai error antara hasil pengukuran sensor dan HTC 2 karena akurasi dari alat ukur HTC 02 sebesar $\pm 5\%$. DHT 22 juga memiliki tingkat akurasi sebesar $\pm 2-5\%$. Kemudian, terdapat faktor lain yaitu pengkalibrasian sensor yang kurang sempurna sehingga terjadi perbedaan dalam nilai sensor dan alat ukur. Namun rata rata nilai perbedaannya hanya sebesar 2,21% RH. Perbedaan itu cukup kecil sehingga tidak mempengaruhi kinerja alat dalam mengukur tingkat kelembapan.

Pengujian ketiga yang dilakukan adalah. Pengujian tingkat cahaya dilakukan menggunakan alat ukur AS803. sebagai alat ukur pembanding yang ada di pasaran, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan yang didapat dari BH1750 yang ditampilkan di layar. Pengukuran dilakukan pada 2 kondisi yaitu saat lampu dinyalakan dan saat lampu dimatikan. Hasil pada pengukuran saat lampu mati dapat dilihat pada tabel 5

■ **Tabel 5.** Hasil pengujian cahaya saat lampu mati

No	Nilai Sensor (lux)	Nilai alat ukur (lux)	Nilai Perbedaan	Error Relatif(%)	Pesan
1	82,50	80	2,5	3,13	Gelap
2	91,67	87	4,67	5,37	Gelap
3	94,17	91	3,17	3,48	Gelap
4	83,33	78	5,33	6,83	Gelap
5	80	77	3	3,90	Gelap
6	96,67	98	1,33	1,36	Gelap
7	96,67	98	1,33	1,36	Gelap
8	97,50	98	0,5	0,51	Gelap
9	98,33	97	1,33	1,37	Gelap
10	100,83	102	1,17	1,15	Gelap
rata rata	92,167	90,6	2,433	2,84	



■ **Gambar 10.** Pengujian saat lampu mati

Pada tabel 5. nilai rata rata nilai lux dari BH1750 saat lampu mati berkisar pada 92,167 lux dan nilai lux yang terbaca pada AS803 adalah 90.6 lux. Nilai rata perbedaannya sebesar 2,433 lux. Karena pada Tabel 4.5 pada percobaan ke-6, nilai AS 803 lebih rendah dari sensor BH1750, maka setiap nilai pada percobaan akan dikurangi terlebih dahulu untuk mendapatkan Nilai perbedaannya. Nilai rata rata perbedaannya 2,433 lux.

Maka dengan menggunakan rumus error relatif pada persamaan 1 nilai error relatif yang didapatkan

sebesar 2.84%. Gambar pengujian dapat dilihat pada Gambar 10.

Selanjutnya, terdapat pengujian lux pada saat lampu dinyalakan. Hasil pengujian saat lampu menyala dapat dilihat pada tabel 6.

■ **Tabel 6.** Pengukuran lux saat lampu nyala

No	Hasil Sensor (lux)	Alat ukur (lux)	Nilai Perbedaan	Error Relatif (%)	pesan
1	241,67	246	4,33	1,76	Gelap
2	231,67	243	11,33	4,66	Gelap
3	233,33	235	1,67	0,71	Gelap
4	240	245	5,00	2,04	Gelap
5	240,5	249	8,50	3,41	Gelap
6	235,83	238	2,17	0,91	Gelap
7	234,17	238	3,83	1,61	Gelap
8	231	236	5,00	2,12	Gelap
9	228,3	236	7,70	3,26	Gelap
10	235,83	237	1,17	0,49	Gelap
rata rata	235,23	240.30	5,07	2,10	



■ **Gambar 11.** Pengujian lux saat lampu dinyalakan

Tabel 6 menunjukkan bahwa saat lampu dinyalakan, nilai rata rata nilai lux dari BH1750 saat lampu mati berkisar pada 235.23 lux dan nilai lux yang terbaca pada AS803 adalah 240.30 lux. Nilai perbedaannya rata rata perbedaannya sebesar 5.07 lux. Maka dengan menggunakan rumus error relatif pada persamaan 1, nilai error relatif yang didapatkan sebesar 2.10%. Pesan yang ditampilkan LCD adalah "gelap". Hal ini terjadi karena cahaya yang dipancarkan lampu tidak mencapai 300 lux. Terdapat nilai error antara hasil pengukuran sensor dan AS 803 karena akurasi dari alat ukur AS 803 sebesar $\pm 4\% + 10$ lux. BH 1750 juga memiliki tingkat akurasi sebesar $\pm 20\%$ error. Kemudian, terdapat faktor lain yaitu pengkalibrasian sensor yang kurang sempurna sehingga terjadi perbedaan dalam nilai sensor dan alat ukur. Namun rata rata nilai perbedaannya hanya sebesar 2.433 lux pada saat lampu mati dan 5.07 lux saat lampu menyala. Perbedaan itu cukup kecil sehingga tidak mempengaruhi kinerja alat dalam mengukur tingkat cahaya.

Pengujian keempat yang dilakukan adalah pengujian tingkat suara. Pengujian sensor suara MAX 9814 menggunakan alat pengukur suara yang ada di pasaran yaitu GM 1351. Pengujian dilakukan dengan memutar rekaman suara menggunakan speaker yang diletakkan pada jarak 4 meter dan 3 meter. Hasil pengujian pada jarak 4 meter dapat dilihat pada Tabel 7.

■ **Tabel 7.** Pengukuran intensitas suara pada jarak 4 meter

No	Nilai Sensor (dB)	Alat Ukur (dB)	Perbedaan Nilai	Nilai eror relatif(%)	Pesan pada LCD	kategori
1	64	69	5	7,25	Ramai	Ramai
2	63	65,3	2,3	3,52	Ramai	Ramai
3	49	51	2	3,92	Tenang	Ramai
4	61	63,6	2,6	4,09	Ramai	Ramai

5	63	69,2	6,2	8,96	Ramai	Ramai
6	62	65,1	3,1	4,76	Ramai	Ramai
7	57	61	4	6,56	Ramai	Ramai
8	59	64,2	5,2	8,10	Ramai	Ramai
9	61	66,4	5,4	8,13	Ramai	Ramai
10	65	70	5	7,14	Ramai	Ramai
rata rata	60,4	64,48	4,08	6,24		



■ Gambar 12. Pengujian Suara pada jarak 4 meter

Pada Tabel 7. , nilai dB rata rata sensor suara MAX 9814 adalah 58.5 dB dan nilai pada alat ukur GM 1351 adalah 62.09 dB. Nilai rata rata perbedaannya adalah sebesar 3.75 dB. Dengan menggunakan persamaan 1. nilai eror relatif yang di dapat adalah sebesar 6.02%. Gambar hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 12.

Selanjutnya speaker akan dipindah dengan jarak 3 meter ke arah sensor. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 8.

■ Tabel 8. Pengukuran intensitas suara pada jarak 3 meter

No	Nilai Sensor (dB)	Alat Ukur (dB)	Perbedaan Nilai	Nilai eror relatif(%)	Pesan pada LCD	kategori
1	55	58.7	3.7	6.30	Ramai	Ramai
2	56	63.6	7.6	11.95	Ramai	Ramai
3	62	65.9	3.9	5.92	Ramai	Ramai
4	56	59.5	3.5	5.88	Ramai	Ramai
5	59	62.3	3.3	5.30	Ramai	Ramai
6	58	61.9	3.9	6.30	Ramai	Ramai
7	62	61.2	0.8	1.29	Ramai	Ramai
8	62	65.6	3.6	5.49	Ramai	Ramai
9	57	59.9	2.9	4.84	Ramai	Ramai
10	58	62.3	4.3	6.90	Ramai	Ramai
Rata Rata	58.5	62.09	3.75	6.02		



■ **Gambar 13.** Pengujian suara pada jarak 3 meter

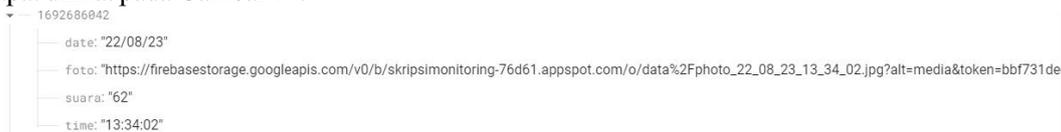
Pada Tabel 7. nilai rata rata sensor suara MAX 9814 adalah 60.4 dB dan nilai pada alat ukur GM 1351 adalah 64.48 dB. Nilai rata rata perbedaannya sebesar 4.08 dB. Dengan menggunakan persamaan 1, Nilai error relatif yang di dapat sebesar 6.24%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 13. Terdapat nilai error karena faktor masalah dalam pengkonversian nilai bit data ke bentuk dB yang tidak sempurna sehingga terdapat perbedaan yang cukup besar Kemudian, faktor selanjutnya adalah pengkalibrasian sensor yang kurang sempurna sehingga nilai perbedaan antara alat ukur dan sensor menjadi cukup besar. Nilai perbedaan sensor akan menyebabkan tingkat error relatif akan semakin tinggi. Nilai perbedaan pada sensor saat sumber suara berjarak 4 meter adalah 3.75 dB dan 4.08dB saat sumber suara berjarak 3 meter. Hal ini juga menunjukkan bahwa tingkat akurasi alat akan semakin mengecil ketika sumber suara mendekati alat. Namun hal ini tidak akan mempengaruhi kinerja alat karena alat akan tetap mendeteksi bahwa sumber suara dan mengelompokkan nya ke kategori ramai atau berisik ketika terdeteksi suara dengan intensitas tertentu. Pada Tabel 8, pada pengujian no 2, terlihat meskipun terdapat nilai perbedaan sebesar 7.6dB, alat masih dapat mengkategorikannya pada tingkat “Ramai” meski nilai perbedaannya cukup besar.

Pengujian kelima adalah pengujian kamera. Pengujian modul kamera ESP32CAM dilakukan untuk melihat apakah sistem dapat mengambil gambar saat mendeteksi suara diatas 55 dB. Gambar yang diambil dapat dilihat pada Gambar 8.



■ **Gambar 14.** Pengujian suara pada jarak 3 meter

Pada gambar 14. Kamera mengambil gambar speaker yang memancarkan suara. Hasil penyimpanan gambar dapat dilihat pada Gambar 14.



■ **Gambar 15.** Pengujian suara pada jarak 3 meter

Saat alat tidak mendeteksi adanya kebisingan maka ESP32 CAM tidak akan melakukan pengambilan gambar namun saat mendeteksi adanya kebisingan maka ESP32 CAM melakukan pengambilan gambar dan disimpan pada database. Gambar database dapat dilihat pada gambar 9.

Pengujian kelima adalah pengujian delay. Pengujian delay dilakukan untuk melihat berapa waktu yang

diperlukan untuk mengirim setiap data dari ESP 32 ke database. Pada pengujian koneksi, dilakukan dengan menggunakan timestamp saat waktu sebelum pengiriman dan setelah pengiriman. Selisih waktu tersebut akan dihitung sebagai delay. Pengujian delay dapat dilihat pada Tabel 9.

■ **Tabel 9.** Pengukuran delay koneksi

no	Waktu awal (WIB)	Waktu akhir (WIB)	delay (ms)
1	12:59:32.205	12:59:32.663	458
2	12:59:33.216	12:59:33.575	359
3	12:59:33.575	12:59:34.127	552
4	12:59:38.829	12:59:39.317	488
5	12:59:39.874	12:59:40.266	392
6	12:59:40.266	12:59:40.625	359
7	12:59:56.465	12:59:56.956	491
8	12:59:57.444	12:59:57.806	362
9	12:59:57.806	12:59:58.130	324
10	13:00:02.554	13:00:02.982	491
	rata rata		427,6 ms

Pada tabel 8. nilai delay terkecil yang didapat adalah 324 ms dan nilai terbesar adalah 552 ms. Nilai rata rata delay yang didapat adalah 427,6 ms. Nilai tersebut didapatkan dari pengurangan waktu akhir (setelah pengiriman sukses dan waktu awal (sebelum mengirim) sehingga selisihnya merupakan waktu yang diperlukan untuk mengirimkan data ke firebase.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem Monitoring kebisingan pada ruang perpustakaan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, dengan input berupa Sensor MAX 9814, Sensor Cahaya BH 1750, dan Sensor suhu dan kelembapan DHT 22. Output dari sistem ini berupa LCD yang menampilkan nilai sensor dan pesannya, dan buzzer yang berbunyi saat terjadi kebisingan serta ESP32CAM yang mengambil gambar saat terjadi kebisingan. Nilai pengukuran suhu pada DHT 22 adalah 24.925°C dan HTC 2 adalah 25.135°C dengan eror relatif pada suhu adalah 1,15%. Faktor yang mempengaruhi nilai perbedaan suhu diantaranya adalah akurasi alat ukur dan sensor, serta kalibrasi sensor. Nilai pengukuran kelembapan pada DHT 22 adalah 45.71% dan HTC adalah 43.5% dengan eror relatif pada kelembapan adalah 5,12%. Faktor yang mempengaruhi nilai perbedaan kelembapan diantaranya adalah akurasi alat ukur dan sensor, serta kalibrasi sensor. Nilai pengukuran cahaya pada BH 1750 saat lampu dimatikan adalah 92.167 lux dan AS803 adalah 90.6 lux dengan eror relatif pada lux sebesar 2.84%. Nilai pengukuran cahaya pada BH 1750 saat lampu dimatikan adalah 235.23 lux dan AS803 adalah 240.3 lux dengan eror relatif pada lux sebesar 2.10%. Faktor yang mempengaruhi nilai perbedaan cahaya diantaranya adalah akurasi alat ukur dan sensor, serta kalibrasi sensor. Nilai pengukuran suara pada MAX 9814 pada jarak 4 meter adalah 58.5 dB dan GM 1351 adalah 62.09 dB dengan eror relatif pada dB sebesar 6.02%. Nilai pengukuran suara pada MAX 9814 pada jarak 3 meter 60.4 dB dan GM 1351 adalah 64.48 dB dengan eror relatif pada lux sebesar 6.24 %. ESP32CAM berhasil mengambil gambar ketika ESP32 mendeteksi suara yang melebihi nilai 55 dB. Nilai delay terkecil pada pengiriman data adalah 324 ms dan yang terbesar adalah 552 ms dengan rata rata 427.6 ms. Setiap sensor memiliki nilai eror masing masing, namun tidak mempengaruhi kinerja dari sistem dari perangkat yang dirancang. Pada setiap pengujian, tingkat error terbesar terdapat pada pengujian sensor suara. Hal ini terjadi karena konversi nilai pada program yang kurang sempurna serta kalibrasi yang kurang sempurna.

Saran untuk pengembangan yang dapat dilakukan diantaranya melakukan kalibrasi yang lebih baik pada sensor suara MAX 9814 serta pemilihan sensor suara lain yang lebih sesuai dengan sensitifitas yang lebih tinggi agar nilai eror relatif yang didapat bisa lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Amarta, A. G. Putrada, and ..., "Asesmen Kebisingan Di Open Library Telkom University Menggunakan Sistem Monitoring Suara Berbasis Iot," *eProceedings ...*, vol. 6, no. 1, pp. 2057–2064, 2019, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/8489>
- [2] M. R. Pahlevi and M. Muliadi, "Analisis dan Desain Tingkat Pencahayaan Pada Ruang Perpustakaan Universitas Iskandar Muda," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 196–201, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14501.
- [3] E. R. N. Wulandari, H. M. Abdullah, N. Rosyida, I. Dewa, and ..., "The Effect of Temperature and Relative Humidity Towards Collection Preservation Index (PI) at Main Library of Brawijaya University," *Ijlrhss.Com*, vol. 03, no. 12, pp. 1–6, 2020, [Online]. Available: <http://www.ijlrhss.com/paper/volume-3-issue-12/1-HSS-834.pdf>
- [4] M. Asmazori, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi NOx dan CO Berbasis Mikrokontroler ESP32 dengan Notifikasi Via Telegram dan Suara," *JITCE (Journal Inf. Technol. Comput. Eng.*, vol. 5, no. 02, pp. 57–62, 2021, doi: 10.25077/jitce.5.02.57-62.2021.
- [5] D. Setiawan, H. Jaya, S. Nurarif, T. Syahputra, and S. T. Dharma, "IMPLEMENTASI ESP32-CAM DAN BLYNK PADA WIFI DOOR LOCK," vol. 4307, no. 1, pp. 159–164, 2022.
- [6] J. T. Informatika, S. Nirwan, and H. Ms, "KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS PZEM-004T," vol. 12, no. 2, pp. 22–28, 2020.
- [7] D. I. Saputra, "Perancangan Sistem Pemantau Kebisingan, Getaran, Suhu, Dan Kelembaban Ruang Coating Berbasis Iot," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 34–38, 2021, doi: 10.37058/jeee.v3i1.3659.
- [8] T. Suryana, "Measuring Light Intensity Using the BH1750 Sensor," *Komputa Unikomm 2021*, pp. 1–16, 2021.
- [9] Fitri Puspasari, Trias Prima Satya, Unan Yusmaniar Oktiaiwati, Imam Fahrurrozi, and Hristina Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22berbasis Arduino terhadap Thermohyrometer Standar," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 40, no. 45, p. 33, 2020.
- [10] R. Andrianto and M. H. Munandar, "Aplikasi E-Commerce Penjualan Pakaian Berbasis Android Menggunakan Firebase Realtime Database," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 20–29, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/JCoInT/article/view/2478>