

Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT di Oil Mill Area P.T. Cargill Indonesia – Amurang

Javier Laoh^{1*}, Calvin Mamahit², dan Janne Tico³

^{1,2,3} Department of Electrical Engineering Education, Faculty of Engineering, Manado State University

*Corresponding author, e-mail: javierandi.laoh@gmail.com¹

Received: December 20th, 2024. Revised: February 11th, 2025. Accepted: February 14th, 2025
Available online: February 17th, 2025. Published: April, 2025.

Abstract— Air quality is a major consideration that must be addressed in industrial locations like the PT. Cargill Indonesia's Amurang oil mill will ensure worker health, environmental sustainability, and regulatory compliance. This project seeks to create an IoT-based air quality assessment system that can monitor real-time hazardous gas concentrations (CO₂, SO₂, NO_x), humidity, and temperature. This system collects and analyses data using sensors coupled with a cloud platform, enabling proactive measures to address possible environmental dangers. The design findings demonstrate that IoT may increase monitoring efficiency, reduce the danger of human mistakes, and offer correct data for strategic decision-making. In addition, this system can reduce operational costs through automatic monitoring and provide flexible solutions to suit factory needs; however, obstacles such as limited internet networks in remote locations and the need for devices resistant to extreme environmental conditions are challenges in its implementation. Thus, the design of this system is expected to be a strategic step in improving air quality management in industrial areas and supporting occupancy.

Keywords: Monitoring system, air quality, internet of things.

Abstrak— Kualitas udara merupakan pertimbangan utama yang harus diperhatikan di lokasi industri seperti pabrik minyak Amurang milik PT. Cargill Indonesia yang akan memastikan kesehatan pekerja, keberlanjutan lingkungan, dan kepatuhan terhadap peraturan. Proyek ini berupaya menciptakan sistem penilaian kualitas udara berbasis IoT yang dapat memantau konsentrasi gas berbahaya (CO₂, SO₂, NO_x), kelembapan, dan suhu secara real-time. Sistem ini mengumpulkan dan menganalisis data menggunakan sensor yang digabungkan dengan platform cloud, yang memungkinkan tindakan proaktif untuk mengatasi kemungkinan bahaya lingkungan. Temuan desain menunjukkan bahwa IoT dapat meningkatkan efisiensi pemantauan, mengurangi bahaya kesalahan manusia, dan menawarkan data yang benar untuk pengambilan keputusan strategis. Selain itu, sistem ini dapat menekan biaya operasional melalui pemantauan otomatis dan memberikan solusi yang fleksibel sesuai kebutuhan pabrik. Namun, kendala seperti terbatasnya jaringan internet di lokasi terpencil dan perlunya perangkat yang tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem menjadi tantangan dalam penerapannya. Dengan demikian, perancangan sistem ini diharapkan dapat menjadi langkah strategis dalam meningkatkan pengelolaan kualitas udara di kawasan industri dan mendukung okupansi.

Kata Kunci: Sistem pemantauan, kualitas udara, IoT.

Copyright (c) 2025. Javier Laoh, Calvin Mamahit, dan Janne Tico.

I. PENDAHULUAN

Kualitas udara merupakan pertimbangan utama dalam menjaga tempat kerja yang sehat (Bahri dkk., 2021; Nafisah dkk., 2023; Ratnasari & Sofia Asharhani, 2021). Khususnya dalam lingkungan industri, seperti pabrik pengolahan minyak kelapa sawit (pabrik minyak), produksi pabrik umumnya mengeluarkan gas, termasuk CO₂, SO₂, NO_x, dan partikel debu (Al Dianty dkk., 2024; Humairo dkk., 2023). Jika tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat memengaruhi kesehatan pekerja dan lingkungan secara signifikan. Dalam konteks ini, PT Cargill Indonesia di Amurang memiliki masalah dalam

memantau kualitas udara di area produksi secara efektif dan berkelanjutan.

Kualitas udara dalam ruangan sangat memengaruhi tingkat kesehatan dan kenyamanan penghuninya (Cintya Dewi dkk., 2021; Fredy Agung Dwi Cahyono & Denny Irawan, 2024; Hefnita dkk., 2023). Debu, gas beracun, dan partikel mikro dapat secara langsung memengaruhi kesejahteraan manusia. Dengan meningkatnya kepadatan penduduk di daerah perkotaan dan gaya hidup modern yang cenderung menghabiskan lebih banyak waktu di dalam ruangan, pemantauan kualitas udara menjadi semakin penting.

Penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa polusi udara dalam ruangan dapat

menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit pernapasan, ketidaknyamanan mata, dan infeksi kulit. Oleh karena itu, diperlukan sistem penilaian kualitas udara dengan data real-time dan andal untuk membantu penghuni ruangan dalam mengelola lingkungannya (Amalia dkk., 2020; Nakulo dkk., 2020; Subagiyo dkk., 2020, 2021).

Variasi cuaca, seperti hujan lebat, suhu ekstrem, dan angin kencang, semuanya dapat memengaruhi fungsi monitor kualitas udara (Tumpu dkk., 2023). Contohnya, hujan lebat dapat mengganggu kapasitas sensor untuk mendeteksi partikel debu di udara, sementara suhu tinggi dapat menyebabkan sensor menjadi terlalu panas (Rianti & Prastyo, 2022; Sudrajat & Rofifah, 2023). Akibatnya, jika peralatan tersebut tidak dimaksudkan untuk bertahan terhadap perubahan cuaca yang kuat, data yang dihasilkan mungkin kurang akurat.

Internet of Things (IoT) memungkinkan pengintegrasian data meteorologi eksternal ke dalam sistem penilaian kualitas udara (Mandasari dkk., 2024). Data stasiun meteorologi tentang kecepatan atau arah angin, misalnya, membantu menemukan tren polusi udara di sekitar fasilitas. Dengan studi ini, bisnis dapat mengambil langkah pencegahan, seperti mengubah jam kerja, untuk mengurangi dampak lingkungan.

Cuaca sangat memengaruhi keberhasilan penerapan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di lokasi pabrik minyak (Suryani Sollar dkk., 2024). Dengan peralatan yang tepat dan integrasi data cuaca, sistem dapat memberikan data operasional yang lebih akurat, bahkan dalam situasi cuaca buruk. Namun, kesulitan seperti kerusakan peralatan yang disebabkan oleh cuaca buruk memerlukan desain dan perawatan yang lebih terperinci.

Implementasi IoT memungkinkan pemantauan mutu udara dengan waktu nyata (Rumampuk dkk., 2022; Wanabil dkk., 2024). Perangkat digital dapat menyediakan data tentang konsentrasi polutan, suhu, kelembapan, dan karakteristik lainnya kapan saja dan di mana saja. Hal ini memungkinkan identifikasi dini perubahan yang berpotensi membahayakan dalam kualitas udara, sehingga langkah perbaikan dapat segera diterapkan untuk melindungi kesehatan pekerja dan lingkungan.

Teknologi IoT mengumpulkan data dan memberikan analisis berbasis algoritma, yang memungkinkan bisnis untuk lebih memahami pola kualitas udara jangka panjang (Auliasari & Kertaningtyas, 2021; Nelwan dkk., 2023). Data ini dapat digunakan untuk menetapkan langkah-langkah pencegahan, seperti menambahkan lebih banyak filter udara atau meningkatkan proses industri agar lebih ramah lingkungan.

Solusi IoT dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik manusia. Misalnya, lebih banyak perangkat dapat dipasang untuk memantau parameter lain sebagai respons terhadap perubahan aturan atau persyaratan produksi. Lebih jauh lagi, sistem dapat diperluas ke bagian pabrik lain tanpa harus mengerjakan ulang seluruh infrastruktur (Muttaqin dkk., 2024).

Dengan mengidentifikasi kontaminan berbahaya sejak dini, IoT membantu bisnis terhindar dari bahaya kesehatan pekerja, yang dapat mengakibatkan kerugian finansial dan reputasi yang serius. Teknologi ini menawarkan perlindungan yang lebih baik terhadap kemungkinan risiko yang disebabkan oleh udara yang terkontaminasi.

IoT dalam desain sistem pemantauan kualitas udara menawarkan beberapa manfaat strategis, termasuk efisiensi operasional, keselamatan, dan tanggung jawab lingkungan yang lebih besar. Teknologi ini relevan saat ini dan sebagai investasi jangka panjang dalam keberlanjutan operasional.

Perangkat IoT terdiri dari berbagai komponen yang saling terhubung, termasuk sensor, aktuator, dan platform cloud. (Angellia dkk., 2024; Mamahit dkk., 2023). Kompleksitas ini memerlukan integrasi yang tepat agar sistem dapat berfungsi dengan baik. Gangguan kecil, seperti kegagalan sensor atau komunikasi antar perangkat, dapat menyebabkan sistem tidak berfungsi dengan baik dan memerlukan intervensi spesialis untuk memperbaikinya.

Sistem Internet of Things (IoT) (lihat Gambar 1) adalah program yang dapat mentransfer atau mengirimkan data melalui jaringan internet (Amane dkk., 2023; Erwin dkk., 2023; Yudhanto & Azis, 2019). Internet of Things, atau IoT, telah berkembang secara signifikan, dimulai dengan teknologi nirkabel mikroelektromekanis (MEMS), Internet, dan kode QR. (Faudzi dkk., 2020; Nugraha dkk., 2021; Rachmadi, 2020; Sawitri, 2023).



Gambar 1. Sistem IoT

(https://diskominfo.badungkab.go.id/storage/olds/diskominfo/Pentingnya-a-Internet-of-Things-IOT_548530.jpg)

ESP32 (Gambar 2) adalah salah satu mikrokontroler yang paling mudah dioperasikan. Mikrokontroler dapat mengoperasikan berbagai modul, sensor, dan perangkat keras pendukung, termasuk relai. (Bayu dkk., 2021).



Gambar 2. ESP32 (<https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>)

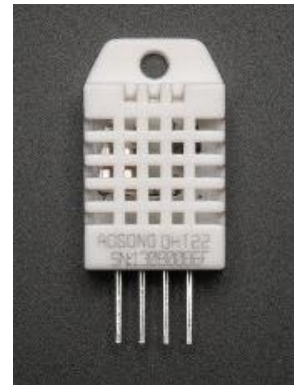
Sensor gas asap MQ-2 (Gambar 3) mendeteksi gas yang mudah terbakar di udara dan asap serta menampilkan hasilnya sebagai tegangan analog. Secara umum, sensor adalah perangkat yang dapat mendeteksi kejadian fisik atau kimia dan mengubahnya menjadi sinyal listrik atau tegangan. Sensor asap MQ-2 mengukur kualitas dan komposisi udara (Virgian & Sakti, 2022).



Gambar 3. Sensor MQ2 (https://www.tokopedia.com/ardushopid/modul-mq2-mq-2-sensor-asap-dan-deteksi-gas-lpg-arduino?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=dp)

Beberapa sensor, termasuk DHT22, sensor digital yang mengukur suhu dan kelembapan relatif, dapat digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan (Diantoro & Rahmadewi, 2020). Sensor DHT22 (Gambar 4) mengukur udara sekitar dengan kapasitor dan termistor sebelum mengeluarkan sinyal ke port data. DHT22 dikatakan memiliki kualitas pembacaan yang tinggi, seperti yang terlihat dari respons prosedur pengumpulan data yang cepat dan ukurannya yang kecil. Harganya cukup terjangkau dibandingkan dengan termohigrometer—sensor DHT22 dalam mengembangkan sistem keamanan ruangan. Sensor DHT22 sangat mudah ditambahkan ke mikrokontroler tipe Arduino atau yang setara

karena memiliki stabilitas yang konsisten dan fitur kalibrasi dengan hasil yang sangat akurat.



Gambar 4. Sensor DHT22 (<https://digiwarestore.com/id/temperature-humidity-sensor/dht22-am2302-temperature-humidity-sensor-291012.html>)

Blynk adalah layanan aplikasi yang memungkinkan untuk mengoperasikan mikrokontroler secara daring. Akan tetapi, aplikasi Blynk tetap harus diatur sesuai kebutuhannya (Artiyasa dkk., 2020). Penggunaan aplikasi Blynk dalam penelitian ini didasarkan pada kemudahan penerapan program Blynk dengan mikrokontroler, kesederhanaan instalasi pada telepon pintar, kemampuan penyesuaian tampilan aplikasi, dan status gratisnya.

Terdapat banyak kendala. Saat ini, area kilang minyak PT Cargill Indonesia—Amurang tidak memiliki sistem pemantauan kualitas udara secara real-time. Keterlambatan informasi dapat mencegah potensi bahaya kesehatan teridentifikasi dan ditangani dengan segera. Arsitektur sistem yang secara efektif mengelola dan mengintegrasikan data dari berbagai sensor sangat diperlukan. Harga yang tinggi dapat menghambat penerapan sistem penilaian kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Oleh karena itu, rencana harus dikembangkan untuk mengurangi biaya implementasi sekaligus menjaga kualitas dan fungsionalitas sistem.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Alat IoT yang dikembangkan merupakan gabungan dari berbagai alat sebelumnya. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah C. Program yang digunakan adalah Arduino IDE.

Kesulitannya adalah mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis internet-of-things. Berdasarkan rumusan masalah dan batasan penelitian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan internet-of-things (IoT) berdasarkan sistem pemantauan kualitas udara. Penelitian ini dimaksudkan untuk menghasilkan metode baru guna meningkatkan pengetahuan dan pengelolaan kualitas udara dalam ruangan, yang akan bermanfaat bagi kesehatan masyarakat di masa mendatang.

II. METODE

Proyek penelitian dan pengembangan (R&D) ini menggunakan paradigma waterfall. Penelitian dilakukan di PT dan berlangsung selama lima bulan, dari April hingga Agustus 2024.

Tabel 1 menunjukkan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Tabel Perangkat Lunak & Perangkat Keras

SOFTWARE	HARDWARE
Notepad++	1 Buah Laptop
Blynk	Base board ESP32
	ESP32
	Sensor MQ2
	Sensor DHT22
	Kabel Jumper

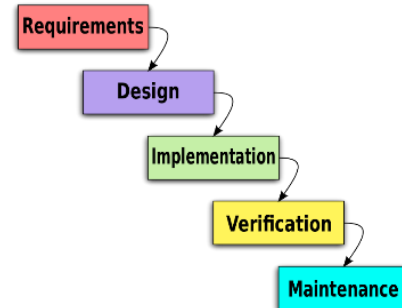
Perancangan alat merupakan langkah krusial dalam proses pembuatan alat. Perancangan yang matang akan menghasilkan alat yang maksimal dan dapat bekerja dengan baik. Pada prinsipnya, alat yang akan dikembangkan harus dapat terhubung dengan perangkat bergerak dan memberikan informasi kepada pengguna.

Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang digunakan:

1. **Analisis kebutuhan.** Tahap ini melibatkan penilaian persyaratan sistem. Tahap ini memungkinkan pengumpulan data melalui penelitian, wawancara, atau studi literatur. Analisis sistem akan mengumpulkan informasi sebanyak mungkin dari pengguna untuk mengembangkan sistem komputer yang mampu menjalankan tugas yang diinginkan pengguna. Langkah ini akan menghasilkan dokumen persyaratan pengguna, yang dapat didefinisikan sebagai data yang relevan dengan keinginan pengguna terhadap sistem. Makalah ini akan berfungsi sebagai referensi bagi analisis sistem saat menerjemahkannya ke dalam bahasa pemrograman.
2. **Desain sistem.** Desain sistem adalah tahap di mana ide-ide diungkapkan. Desain sistem dilakukan untuk memecahkan masalah yang ada, dengan memanfaatkan alat pemodelan sistem seperti diagram aliran data, diagram hubungan entitas, struktur data, dan percakapan.
3. **Penulisan kode.** Menulis kode program, yang terkadang dikenal sebagai pengodean, adalah proses menerjemahkan desain ke dalam bahasa yang dapat dibaca komputer. Seorang pengode akan menerjemahkan transaksi yang diminta pengguna. Ini adalah tahap sebenarnya dari pengerjaan sistem, dan penggunaan komputer akan dimaksimalkan.
4. **Pengujian Sistem Kendali.** Langkah terakhir adalah menguji sistem baru untuk mengetahui

kemampuan dan efektivitasnya. Hal ini mengungkap kekurangan dan kelemahan yang kemudian diperiksa dan disesuaikan untuk meningkatkan aplikasi.

5. **Perawatan.** Jika Sistem Kendali yang sudah jadi sulit digunakan, maka akan dipelihara, dan kuesioner akan dibuat untuk mendapatkan masukan dari orang-orang yang telah mencoba alat tersebut.



Gambar 5. Waterfall

Penilaian pada setiap bagian produk yang dibuat menggunakan Skala Likert, dimana produk dikatakan praktis apabila rata-rata setiap penilaian memenuhi standar sangat baik dengan menggunakan perhitungan seperti Formula 1 yang dikemukakan oleh Sudjana dalam (Fadila dkk., 2020).

$$P = \frac{f}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

P = Persentase

f = Skor yang diperoleh

N = Skor Maksimal

Selanjutnya, hasil pengolahan data dengan menggunakan rumus persentase dinyatakan dalam bentuk persentase. Penilaian menggunakan skala lima poin dengan rentang nilai satu sampai lima. Nilai maksimum ideal dicapai ketika semua item memiliki nilai lima, dan nilai minimum diperoleh ketika semua hal dalam komponen memiliki nilai satu. Ketika dinyatakan dalam persentase, nilai maksimum optimal menghasilkan 100%, sedangkan nilai minimum menghasilkan 20%. Pembagian persentase kriteria kategori dibagi menjadi lima bagian, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Data

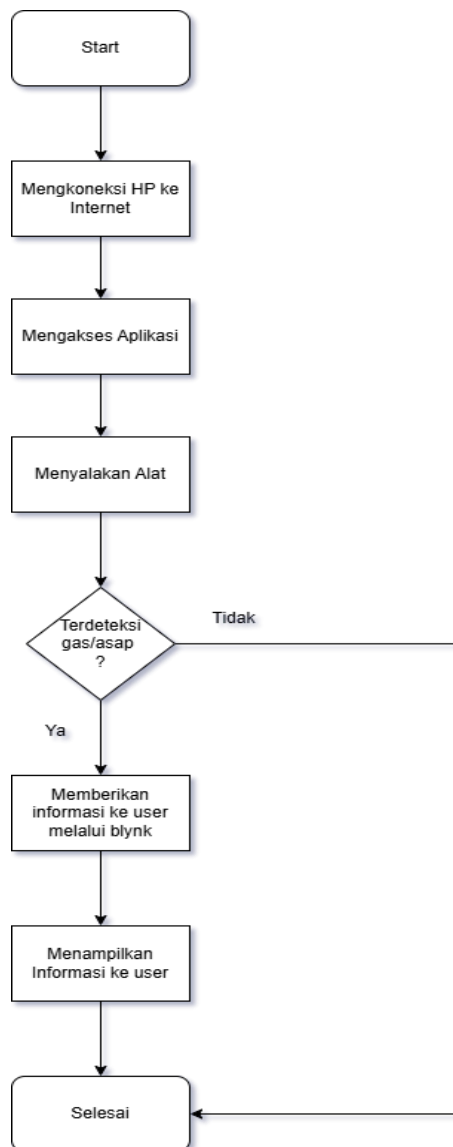
Skala	Kategori	Persentase
5	Sangat Layak	> 80% - 100%
4	Layak	>60% - 80%
3	Kurang Layak	>40% - 60%
2	Tidak Layak	>20% - 40%
1	Sangat Tidak Layak	0% - 20%

Pencantuman kategori kelayakan media pada tabel di atas memungkinkan rekapitulasi data validasi diselesaikan menggunakan kategori yang ditentukan.

Indikasi dalam penilaian studi ini dapat digunakan untuk menarik kesimpulan tentang tingkat kelayakan. Instruksinya adalah untuk menetapkan persyaratan kelayakan untuk sistem; penelitian ini dapat digunakan jika temuan evaluasi dari responden setidaknya berada dalam kategori layak.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 6 menunjukkan hasil diagram alir desain. Diagram alir secara visual menggambarkan proses atau prosedur, sehingga lebih mudah dipahami dan dianalisis dari awal hingga akhir. Gambar 7 menunjukkan hasil pengembangan kode komputer (pengodean). Pada tahap ini, peneliti telah membangun dan menguji alat, yang dibagi menjadi dua bagian: hasil pengkodean dan temuan pengujian alat. Gambar 8 menggambarkan pengujian sistem dengan pengontrol alat menggunakan aplikasi Blynk pada ponsel. Gambar 9 menunjukkan gambar rangkaian fisik sistem kontrol.



Gambar 6. Diagram alir perancangan

A. Hasil Pengujian Sistem Kontrol

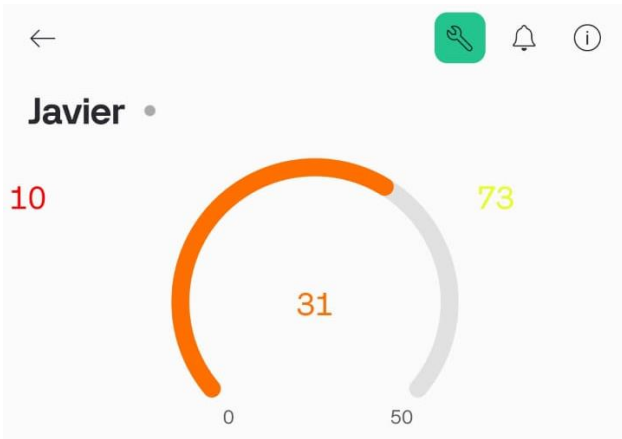
Setelah aplikasi dikembangkan, pengujian dilakukan, khususnya dengan menggunakan pendekatan pengujian Black Box. Penulis menguji sistem dengan menunjukkan bahwa semua fungsi yang telah ditetapkan sebelumnya berfungsi dengan baik. Pengujian ini dirancang untuk menentukan apakah sistem kontrol berfungsi dengan baik dan mengamati responsnya. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 3.

```

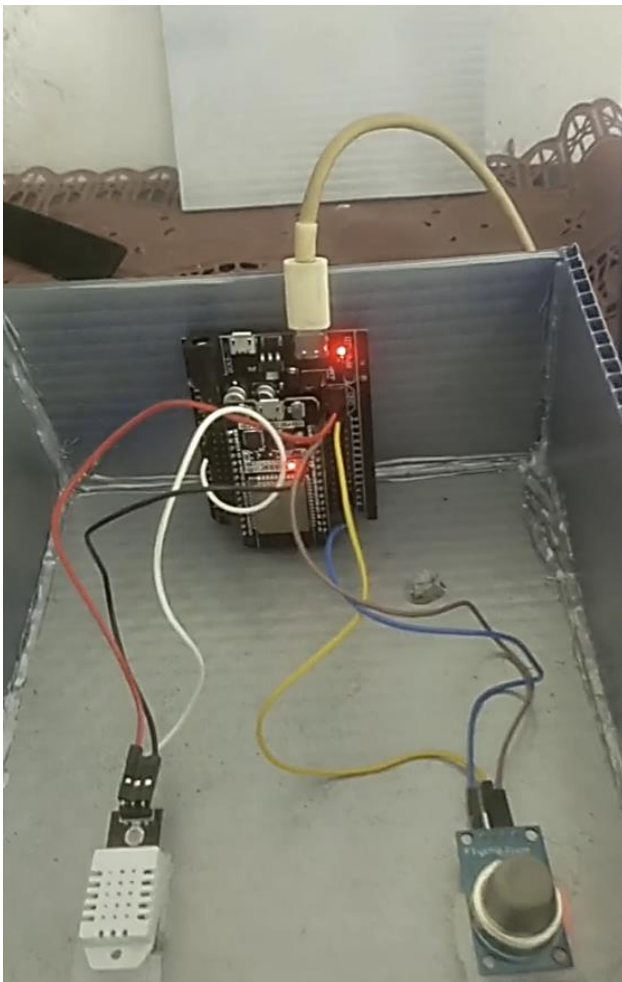
1  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6z-IyYPxx"
2  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "water Level"
3  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "BsSu_EUExyJ3seLUyp02osnv2i3_m7oB"
4
5  // Comment this out to disable prints and save space
6  #define BLYNK_PRINT Serial
7
8
9  #include <ESP8266WiFi.h>
10 #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
11 #define trig D5 // Trig pin
12 #define echo D6
13 char auth[] = "BsSu_EUExyJ3seLUyp02osnv2i3_m7oB";
14
15 // Your WiFi credentials.
16 // Set password to "" for open networks.
17 char ssid[] = "Tim";
18 char pass[] = "1234567890";
19 int depth = 20;
20
21 BlynkTimer timer;
22 bool pinValue = 0;
23
24 void waterlevel()
25 {
26   digitalWrite(trig, LOW);
27   delayMicroseconds(2);
28   digitalWrite(trig, HIGH);
29   delayMicroseconds(10);
30   digitalWrite(trig, LOW);
31   long t = pulseIn(echo, HIGH);
32   long cm = t / 29 / 2;
33   Serial.println(cm);
34   long level= depth-cm;
35   if (level<0)
36     level=0;
37   level = map(level,0,depth-3,0,100);
38   Blynk.virtualWrite(V0, level);
39 }
40
41
42 void setup()
43 {
44   pinMode(trig, OUTPUT);
45   pinMode(echo, INPUT);
46   Serial.begin(115200);
47   Blynk.begin(auth, ssid, pass);
48   timer.setInterval(10L, waterlevel);
49
50 }
51
52
53 void loop(){
54   Blynk.run();
55   timer.run();
56 }
    
```

Gambar 7. Koding sistem





Gambar 8. Contoller Alat menggunakan Blynk dari HP



Gambar 9. Hasil perancangan alat

Tabel 3. Pengujian dengan Black Box

Alat yang diuji	Pengujian	Jenis Pengujian	Hasil Akhir
Sensor	Menerima Sinyal Control	Black Box	Berhasil
Sensor MQ2	Mendeteksi adanya gas/udara	Black Box	Berhasil

Sensor DHT22	Mengukur udara di sekitarnya dan keluar sinyal pada pin data	Black Box	Berhasil
Esp32	Koneksi WIFI	Black Box	Berhasil
Kabel Jumper	Sebagai konduktor listrik untuk menyambungkan rangkaian listrik	Black Box	Berhasil

B. Maintenance dan Feedback

Pada tahap ini, peneliti membangun sistem kontrol dan membagikan kuesioner kepada pengguna sebagai masukan. Untuk tautan video ke sistem kontrol yang telah dibuat:

<https://drive.google.com/file/d/1otarlKsXkm-4hxi8oImTYQOrCDmrdgig/view?usp=sharing>

IV. KESIMPULAN

Sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan secara efektif menghasilkan data waktu nyata. Sistem ini mengelola dan mengintegrasikan data dari beberapa sensor secara efisien. Teknologi ini berhasil dikembangkan dengan biaya yang relatif rendah. Penelitian di masa mendatang dimaksudkan untuk mencakup kemampuan pelaporan, yang memungkinkan orang untuk memeriksa apa yang terjadi selama periode tertentu.

REFERENSI

- Al Dianty, M., Llow, F. E., Rumawak, S. A., Paharuddin, Wardani, M. C., Hermialingga, S., Saptadi, T., Sitanggang, S. E. F., Marhan, & Desi, N. (2024). *TEKNIK LINGKUNGAN LANJUTAN*. Cendikia Mulia Mandiri.
- Amalia, A., Zaidiah, A., & Isnainiyah, I. N. (2020). PREDIKSI KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR. *JUPI*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.29100/jupi.v7i2.2843>
- Amane, A. P. O., Febriana, R. W., Artiyasa, M., & dkk. (2023). *PEMANFAATAN DAN PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IOT) DI BERBAGAI BIDANG* (Sepriano, Efitra, & A. Juansa, Ed.). PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

- Angellia, F., Judijanto, L., Sampebua, M. R., Apriyanto, & Umar, N. (2024). *Internet of Things : Membangun Dunia yang Terkoneksi*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Artiyasa, M., Nita Rostini, A., & Pradifita Junfithrana, A. (2020). APLIKASI SMART HOME NODE MCU IOT UNTUK BLYNK. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.52005/rekayasa.v7i1.59>
- Auliasari, K., & Kertaningtyas, M. (2021). ANALISIS KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS. *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, 4(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.36595/jire.v4i2.343>
- Bahri, B., Raharjo, M., & Suhartono, S. (2021). DAMPAK POLUSI UDARA DALAM RUANGAN PADA KEJADIAN KASUS PNEUMONIA: SEBUAH REVIEW. *LINK*, 17(2), 99–104. <https://doi.org/10.31983/link.v17i2.6833>
- Bayu, R. B. S., Astutik, R. P., & Irawan, D. (2021). Rancang Bangun Smarthome Berbasis Qr Code Dengan Mikrokontroler Module Esp32. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 2(01), 47–60. <https://doi.org/10.31328/jasee.v2i01.60>
- Cintya Dewi, W., Raharjo, M., & Endah Wahyuningsih, N. (2021). LITERATUR REVIEW : HUBUNGAN ANTARA KUALITAS UDARA RUANG DENGAN GANGGUAN KESEHATAN PADA PEKERJA LITERATURE REVIEW : LINK BETWEEN SPACE AIR QUALITY AND HEALTH INTERFERENCE IN WORKERS. *An-Nadaa*, 8(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31602/ann.v8i1.4815>
- Diantoro, K., & Rahmadewi, R. (2020). Implementasi Sensor MQ 4 dan Sensor DHT 22 pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT (SIKOMPI). *ELECTRICIAN*, 14(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/elc.v14n3.2157>
- Erwin, Datya, A. I., Nurohim, Sepriano, Waryono, Adhichandra, I., Budihartono, E., & Purnawati, N. W. (2023). *PENGANTAR & PENERAPAN INTERNET OF THINGS : Konsep dasar & Penerapan IoT di berbagai Sektor* (Efitra, Ed.). PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Fadila, Rahayu, W. I., & Saputra, M. H. (2020). Penerapan Metode Naive Bayes dan Skala Likert Pada Aplikasi Prediksi Kelulusan Mahasiswa (R. M. Awangga, Ed.). Kreatif.
- Faudzi, A. A. M., Sabzehmeidani, Y., & Suzumori, K. (2020). Application of micro-electro-mechanical systems (MEMS) as sensors: A review. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 32(2), 281–288. <https://doi.org/10.20965/jrm.2020.p0281>
- Fredy Agung Dwi Cahyono, & Denny Irawan. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis Iot. *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 17(2), 468–476. <https://doi.org/10.51903/elkom.v17i2.2208>
- Hefnita, H., Budiyono, B., & Suhartono, S. (2023). HUBUNGAN ANTARA KUALITAS UDARA DENGAN GEJALA SICK BUILDING SYNDROME, BAGAIMANA PENANGGULANGANNYA? : LITERATURE REVIEW. *JURNAL RISET KESEHATAN POLTEKKES DEPKES BANDUNG*, 15(2), 528–540. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i2.2395>
- Humairo, M. V., Ramadhan, A., Laksana, D. P., Al-Irsyad, M., & Afni, L. F. (2023). *PENGUKURAN KUALITAS LINGKUNGAN*. Pt Limajari Indonesia.
- Mamahit, C., Wauran, A., Manoppo, F., Seke, F., & Ticoh, J. (2023). Smart Home with Voice Control Lights Using Arduino Uno R3. *JURNAL EDUNITRO*, 3(2), 97–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.53682/edunitro.v3i2.6792>
- Mandasari, R. D., Rosano, A., & Sudaradjat, D. (2024). INTERNET OF THINGS-BASED AIR QUALITY ANALYSIS FOR MONITORING CO2 CONCENTRATION IN ROOFTOP BUILDING AREAS. *BAROMETER*, 9(1). <https://doi.org/10.35261/barometer>
- Muttaqin, R., Sakti, W., Prayitno, W., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(2), 2654–251. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jplp.6.2.102-115>
- Nafisah, Arafat, Y., & Ahyani, N. (2023). Pengaruh Disiplin Kerja dan Lingkungan Kerja Terhadap



- Kinerja Guru di SMP Negeri Se Kecamatan Simpangkatis. *Journal on Education*, 6(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.3272>
- Nakulo, B., Sari, I. D., & Hariyadi, D. (2020). PEMANTAUAN SISTEM KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN OPENHAB. *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, 3(1), 14. <https://doi.org/10.21927/ijubi.v3i1.1203>
- Nelwan, A., Manembu, P., Wauran, A., Manoppo, F., & Mamahit, C. (2023). Wireless Residential Electric Controller Using Arduino Uno and Bluetooth Module HC-05. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 3(1), 9–18. <https://doi.org/10.53682/edunitro.v3i1.5408>
- Nugraha, F. D., Ahdan, S., & Samsugi, S. (2021). Sistem Penghitungan Kecepatan Atlet Sepatu Roda Freestyle Pada Kategori Speed Slalom Berbasis Iot (Studi Kasus Sepatu Roda Wheeling Lampung). *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, 1(2), 67–75.
- Rachmadi, T. (2020). *Mengenal Apa itu Internet Of Things*. TIGA Ebook.
- Ratnasari, A., & Sofia Asharhani, I. (2021). Aspek Kualitas Udara, Kenyamanan Termal dan Ventilasi Sebagai Acuan Adaptasi Hunian pada Masa Pandemi (Indoor Air Quality, Thermal Comfort And Ventilation Aspects as Reference on Housing Adaptation During Pandemic). *ARSIR*, 5(Edisi Khusus). <https://doi.org/https://doi.org/10.32502/arsir.v0i0.3646>
- Rianti, K. P. K., & Prastyo, Y. (2022). ANALISIS PENGGUNAAN SENSOR SUHU DAN KELEMBABAN UNTUK MONITORING LINGKUNGAN GREENHOUSE BERBASIS ARDUINO. *Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 16(2), 200–210. <https://doi.org/10.35457/antivirus.v16i2.2512>
- Rumampuk, G. C., Poekoel, V., & Rumagit, A. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Informatika*, 17(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.35793/jti.v17i1.34212>
- Sawitri, D. (2023). INTERNET OF THINGS MEMASUKI ERA SOCIETY 5.0. *KITEKRO*, 8(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.24815/kitekro.v8i1.28578?CITATIONS?totalcitationsonDimensions>.
- Subagiyo, H., Randa, W., Tri Wahyuni, R., & Akbar, M. (2021). Peningkatan Akurasi Pengukuran Kadar Gas CO pada Node Sensor Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Kompensasi Kesalahan. *ELEMENTER (Elektro dan Mesin Terapan)*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.35143/elementer.v7i2.5196>
- Subagiyo, H., Tri Wahyuni, R., Akbar, M., & Ulfa, F. (2020). Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Parameter Kualitas Udara. *SITEKIN Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 18(1), 72–79. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24014/sitekin.v18i1.11461>
- Sudrajat, R., & Rofifah, F. (2023). Rancang Bangun Sistem Kendali Kipas Angin dengan Sensor Suhu dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. *remik*, 7(1), 555–564. <https://doi.org/10.33395/remik.v7i1.12082>
- Suryani Sollar, T., Komang Martawan, I., Bongkaombo, K., & Nurpadila. (2024). RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN CUACA MENGGUNAKAN SENSOR KECEPATAN ANGIN, SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal Fokus Elektroda*, 9(1). <https://elektroda.uho.ac.id/>
- Tumpu, M., Jamal, M., Syahrir, M., Pasanda, O., Lopian, F., & dkk. (2023). *Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana*. Tohar Media.
- Virgian, D., & Sakti, S. Y. (2022). Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Menggunakan Sensor Mq-2 Dan Flame Sensor Berbasis Web. *Konferensi Nasional Ilmu Komputer (KONIK) 2020*, 404–410.
- Wanabil, N., Rosadi, A., & Haq, A. (2024, Juli 24). IMPLEMENTASI MONITORING KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266 PADA INDOOR BERBASIS IOT. *PROSIDING NASIONAL SINARS 2024 SKEMA PENELITIAN*. <https://www.unars.ac.id/ojs/index.php/prosidindSDGs/article/view/4807>
- Yudhanto, Y., & Azis, A. (2019). *Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT)*. UNSPress.