PROCEEDING NATIONAL CONFERENCE OF RESEARCH AND COMMUNITY SERVICE SISI INDONESIA
2025
https://conference.sinesia.id/ncrcs-sinesia

Rancang Bangun Monitoring Kualitas Udara dan Penanganan Udara Kotor Berbasis IoT

Design and Development of an IoT-Based Air Quality Monitoring and Air Pollution Handling System

Nuril Fajril Huda[1], Ahmad Lutfi[2], Farihin Lazim[3]
Nurilfajrilhuda1408@gmail.com, ahmadlutfi.14@gmail.com, farihinlazim9@gmail.com
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ibrahimy

Info Article
|Submitted: 21 May 2025 **|Revised**: 27 May 2025 **|Accepted**: 9 June 2025
How to cite: Nuril Fajril Huda, etc., "Rancang Bangun Monitoring Kualitas Udara dan Penanganan Udara Kotor Berbasis IoT", *Proceeding National Conference Of Research And Community Service Sisi Indonesia*, 2025, P. 233-250.

ABSTRACT

Indoor air quality greatly affects human health. Manual monitoring is often ineffective and lacks real-time data. This research designs an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring and purification system powered by solar energy. The system uses the ***ESP32****, a microcontroller with integrated Wi-Fi and Bluetooth, known for its low power consumption and high processing capability, which serves as the central controller. Sensors such as MQ-135, MQ-7, DHT22, and dust sensors are used to detect gases, temperature, and humidity. When air quality drops, the system automatically activates fans, air purifiers, or humidifiers. Data is displayed in real-time via Blynk and Thingspeak. Solar panels with tracking technology are used to improve energy efficiency. Testing shows the system accurately detects pollutants and continues to operate during power outages. This system aims to raise awareness about air quality while supporting renewable energy adoption.*

Keyword: *Air Quality, IoT, Solar Panel, Renewable Energy.*

ABSTRAK

Kualitas udara dalam ruangan berpengaruh besar terhadap kesehatan manusia. Pemantauan secara manual dinilai kurang efektif karena tidak dapat memberikan data secara *real-time.* Penelitian ini betujuan merancang sistem monitoring kaulitas udara dan penanganan udara kotor berbasis *Internet of Thing* (IoT) yang didukung panel surya. Sistem ini menggunakan ESP32, yaitu *mikrokontroler* yang dilengkapi dengan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* bawaan serta dikenal hemat daya dan memiliki kemampuan pemrosesan yang tinggi, sebagai pusat kendali. Sensor seperti MQ-135, MQ-7, DHT11, dan sensor debu digunakan untuk mendeteksi gas, suhu, dan kelembapan. Ketika kualitas udara menurun, sistem secara otomatis mengaktifkan kipas, *air purifier*, atau *humidifier.* Data ditampilkan melalui *Blynk* dan *Thingspeak* secara *real-time*. Panel surya dilengkapi teknologi pelacakan cahaya matahari (*solar tracking*) untuk meningkatkan efisiensi penyerapannya. Hasil uji menunjukkan

This work is licensed under CC BY-SA 4.0

sistem dapat mendeteksi polusi dengan akurat dan tetap berfungsi saat terjadi pemadaman listrik. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas udara sekaligus mendukung adopsi energi terbarukan.
Kata Kunci: *Kualitas Udara, IoT, Panel Surya, Energi Terbarukan.*

Pendahuluan

Lingkungan yang sehat sangat berpengaruh terhadap kesehatan fisik makhluk hidup. Faktor penting penunjang lingkungan yang sehat adalah kualitas udara yang memenuhi standart kesehatan. Udara mengandung oksigen yang dibutuhkan untuk hidup. Faktor penting penunjang lingkungan yang sehat adalah kualitas udara yang memenuhi standart kesehatan. Udara mengandung oksigen yang dibutuhkan untuk hidup. Namun selain oksigen, terdapat zat lainnya dalam udara seperti karbon monoksida, karbon dioksida, formaldehid, jamur, virus, bakteri, debu dan sebagainya. Oksigen didalam maupun di luar ruangan dapat terkontaminasi dengan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan. Dalam batasan tetentu kadar zat zat tersebut masih dapat dinetralisir namun jika melampaui batas normal maka dapat mengganggu kesehatan.[1] World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa terdapat zat berbahaya yang berasal dari bangunan, material konstruksi, peralatan, proses pembakaran atau pemanasan dapat memicu masalah kesehatan.[2] Menurut Environtmental Protection Agency (EPA), 40% dari waktu kita sehari, kita berada di dalam ruangan dalam rumah, kantor, kendaraam, supermarket, sekolah dan tempat umum lainnya.[3]

Pencemaran udara merupakan kombinasi dari berbagai zat kimia, partikel padat, dan gas yang dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan.[4] Kualitas udara yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk gangguan pernapasan, iritasi mata, alergi, hingga penyakit paru-paru kronis dan bahkan kematian dini.[5] Selain itu, pencemaran udara juga berkontribusi pada perubahan iklim global melalui efek rumah kaca dan

[1] M. S. Novelan, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android," *InfoTekjar J. Nas. Inform. Dan Teknol. Jar.*, vol. 4, No. 2, pp. 50-54, 2020,[Online] Available: https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i2.2306

[2] World Health Organization., 2010, "WHO Guidelines For Indoor Air Quality: Selected Pollutant", Copenagen Denmark. [Online]. Available: https://bit.ly/2l7Kiny.

[3] Centers for Disease Control and Prevention and U.S. Department of Housing and Urban Development, "Chapter 2: Basic Principles of Healthy Housing," Heal. Hous. Ref. Man., pp. 1–10, 2006, [Online]. Available: www.cdc.gov/healthyhomes/publications.html.

[4] I. Buana and D. A. Harahap, "Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok," *AVERROUS J. Kedokt. dan Kesehat. Malikussaleh*, vol. 8, no. 1, pp. 1–16, 2022.

[5] J. Susilo and F. Tunjungsari, "Resiko Gangguan Pernapasan pada Industri Besi Baja," *CoMPHI J. Community Med. Public Heal. Indones. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 110–121, 2022.

pemanasan global.[6] Besarnya dampak buruk yang diakibatkan polusi udara ini mengharuskan adanya tingkat perhatian khusus dalam pengendaliannya dari berbagai pihak mulai dari pemerintah maupun masyarakat.[7]

Saat ini indeks standar kualitas udara yang dipergunakan secara resmi di Indonesia adalah Indek Standar Pencemar Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP 45 / MENLH / 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Dalam keputusan tersebut yang dipergunakan sebagai bahan pertimbangan diantaranya, bahwa untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi kualitas udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara perlu disusun Indeks Standar Pencemar Udara.[8] Kesadaran akan pentingnya menjaga kualitas udara yang bersih semakin meningkat, namun upaya untuk memonitoring dan mengelola kualitas udara masih menghadapi banyak tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kurangnya data yang akurat dan real-time mengenai kualitas udara di berbagai lokasi.[9] Sebagian besar sistem monitoring kualitas udara yang ada saat ini masih menggunakan atau mengandalkan petugas kesehatan yang dimana dengan cara konvensional ini dengan menggunakan petugas kesehatan yang tidak real-time terpantau.[10]

Penggunaan suatu teknologi IoT dalam sistem monitoring dan deteksi dini pencemaran udara menawarkan sejumlah keuntungan yang luar biasa.[11] Internet of Things adalah teknologi baru yang memungkinkan interaksi perangkat komputasi yang dapat di identifikasi secara unik yang dapat disematkan dengan antarmuka lain seperti mesin dan manusia, dihubungkan melalui jaringan kabel dan nirkabel, untuk menangkap data kontekstual dari lingkungan yang telah ditandai dan membuat informasi. IoT juga merupakan jaringan yang menyediakan fungsionalitas baru dan model bisnis digital.[12]

---

[6] R. Pratama and L. Parinduri, "Penaggulangan pemanasan global," *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 1, pp. 91–95, 2019.
[7] W. Setyawan, F. Hadary, and M. Saleh, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DI DAERAH RURAL DENGAN KARAKTERISTIK GAMBUT BERBASIS TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IoT)," J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura, vol. 2, no. 1.
[8] I. Standar and P. Udara, "INDEX KUALITAS UDARA," no. 107, pp. 1–14, 1997.
[9] A. D. Ramadhani, N. Ningsih, A. Nurcahya, dan N. Azizah, "Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan menggunakan Thingspeak," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: 10.21107/triac.v10i1.17501.
[10] N. A. Z. Putri, "Sistem Pendeteksi Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 9–17, 2024.
[11] A. Solechan, J. D. Susatyono, T. W. AP, and F. Febryantahanuji, "PELUANG BISNIS PADA PENERAPAN INDUSTRIAL INTERNET OF THING (IIoT)," *J. Publ. Ilmu Komput. dan Multimed.*, vol. 1, no. 3, pp. 259–268, 2022.
[12] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," IEEE Commun. Surv. Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095

A. Penelitian Terkait

1. Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis *Internet of Thing*. Jurnal ini di buat oleh Hendi Budianto dan Budi Sumanto tentang bagaimana merancang Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things.[13]
2. Perancangan Sistem Pembersih Udara Menggunakan Metode *Fuzzy* Mamdani untuk kontrol kipas berbasis IoT (Internet of Things). Skripsi ini dibuat oleh Zaki Muhammad tentang bagaimana merancang sistem pembersih udara menggunakan metode *Fuzzy* mamdani untuk kontrol kipas berbasis IoT.[14]
3. Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Iot. Jurnal ini di buat oleh Fredy Agung Dwi Cahyono dan Denny Irawan tentang bagaimana merancang dan membangun Sistem Pemantauan Dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Iot.[15]
4. Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet of Things (IOT). Jurnal ini dibuat oleh Muhammad Hasanuddin dan Herdianto tentang bagaimana membuat sistem Monitoring serta mendeteksi sejak dini Pencemaran Udara Berbasis Internet of Things (IOT)[16]

Metode Penelitian

A. Metode Pengembangan Sistem

Untuk membangun sistem ini diperlukan tahapan – tahapan yang harus diselesaikan. Dengan menggunakan metode *Engineering Design Proses* (EDP). *Engineering Design Proses* (EDP) adalah salah satu strategi yang tersedia untuk mengimplementasikan Pendidikan STEM.[17] Dalam pendapat ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) menjelaskan EDP adalah proses merancang suatu sistem, komponen, atau proses untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan. [18] Metode ini menggunakan alur siklus seperti gambar dibawah ini :

---

[13] N. A. Z. Putri, "Sistem Pendeteksi Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 5, no. 1, pp. 9–17, 2024.

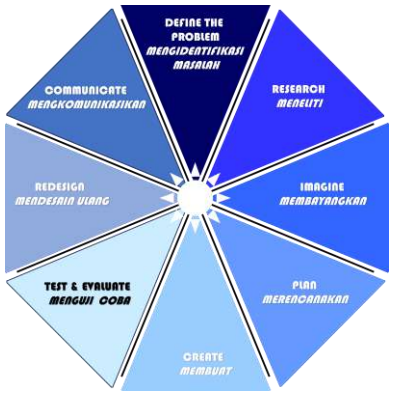
[14] Z. Mukhammad, "Perancangan Sistem Pembersih Udara Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Kontrol Kipas Berbasis Iot (Internet of Things)," pp. 1–59, 2020.

[15] R. Purbakawaca and S. A. Fauzan, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbiaya Rendah Berbasis IoT," J. Talent. Sipil, vol. 5, no. 1, p. 118, 2022, doi: 10.33087/talentasipil.v5i1.104.

[16] M. Hasanuddin and H. Herdianto, "Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IOT)," J. Comput. Syst. Informatics, vol. 4, no. 4, pp. 976–984, 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4034.

[17] S. N. Aini, D. N. Munahefi, A. S. Pramasdyahsari, and R. D. Setyowati, "Engineering Design Process STEM : Projek Miniatur Gazebo Joglo," Prism. Pros. Semin. Nas. Mat. , vol. 7, pp. 37–43, 2024, [Online]. Available: https://proceeding.unnes.ac.id/prisma.

[18] T. F. Schubert Jr., F. G. Jacobitz and E. M. Kim, Student perceptions and learning of the engineering design process: an assessment at the freshmen level, Research in Engineering Design, vol. 23, pp. 177-190, 2012.

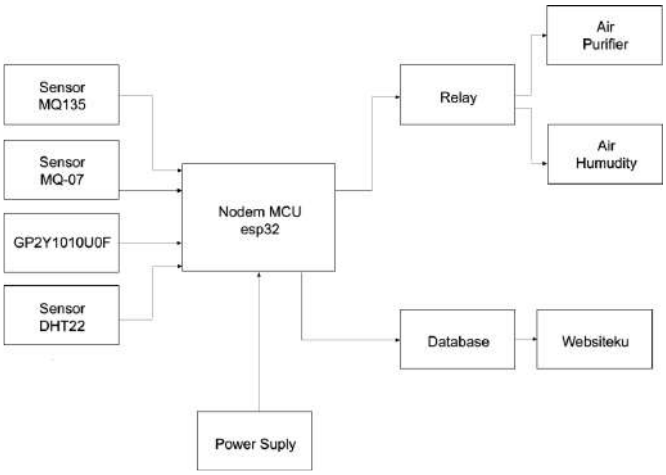


Gambar 1. Alur siklus metode *Engineering Design Proses*

B. Konsep Perancangan Alat

Dalam penelitian perancangan dan membangun sistem monitoring kualitas udara dan penanganan udara kotor berbasis *Internet of Things* ini, menggunakan dua unsur utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Konsep dasar ini menjadi pedoman untuk merancang dan membangun sistem monitoring kualitas udara dan penanganan udara kotor berbasis IoT, dimana konsep itu sendiri terdapat langkah-langkah dan petunjuk yang menunjang desain.

Sistem pemantauan kualitas udara beserta dengan penanganannya, menunjukkan proses sistem mulai dari input, proses hingga sampai pada output dari sistem tersebut. Sistem ini bekerja dengan membaca data kualitas udara (gas, debu, suhu, kelembapan), lalu diproses ke ESP32. ESP32 memproses data dan menentukan apakah air purifier atau humidifier perlu dikatifkan. Jika kondisi udara tidak baik, relay akan mengaktifkan air purifier atau humidifier secara otomatis. Data sensor dikirim ke database dan dapat diakses melalui website. Seperti gambar di bawah ini :

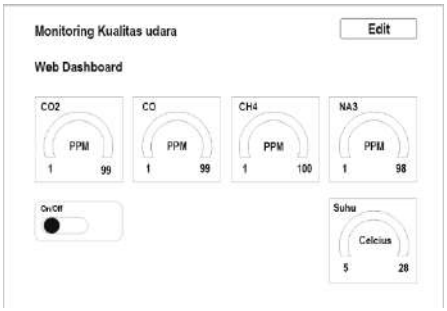


Gambar 2. Diagram Blok Sistem

C. Desain Interface

Proses desain *interface* aplikasi menggunakan *Adobe XD* untuk memvisualisasikan desain *interface* dari sistem yang dibuat. Tampilan desain

interface sistem ini menampilkan *layout dashboard web* yang sederhana dan terstruktur, bertujuan untuk menampilkan data kualitas udara secara *real-time.* Dibagian atas teradapat judul ”Monitoring kualitas udara” disertai tombol ”edit” di pojok kanan atas sebagai akses pengaturan. Dibawahnya, terdapat lima indikator utama berbentuk *gauge meter* yang masing – masing menunjukkan parameter CO_2, CO, CH_4, NA3, dan suhu ruangan. Setiap indikator dilengkapi dengan label satuan (PPM atau *Celcius*) serta rentang nilai minimum dan maksimum, misalnya 1–99 PPM untuk gas CO dan CO_2. Indikator suhu ditampilkan secara terpisah dengan satuan *Celcius* dan rentang antara 5–28°C. Di bagian bawah kiri terdapat tombol saklar “On/Off” yang dapat digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat penanganan udara secara manual. Desain ini bersifat minimalis, bersih, dan fokus pada fungsionalitas, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi udara secara efisien melalui antarmuka web. Desain system seperti gambar dibawah ini :

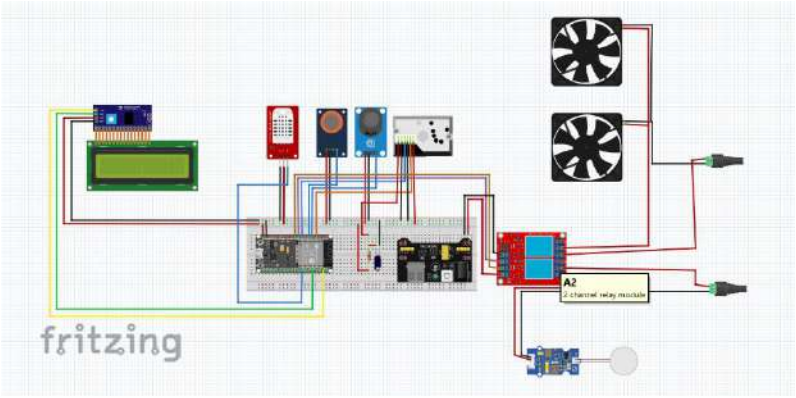


Gambar 3. Desain *Interface*

D. Desain Perangkat Keras

Rangkaian komponen alat sistem monitoring dan pengendalian kualitas udara berbasis ESP32 yang memanfaatkan berbagai sensor dan aktuator. Komponen utama dalam rangkaian ini adalah ESP32 sebagai pusat kontrol yang bertugas membaca data dari sensor, menampilkan informasi pada LCD, serta mengatur relay untuk menyalakan atau mematikan kipas. Sensor MQ-135 dan MQ-7 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti amonia, asap, alkohol, dan karbon monoksida (CO). Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sementara sensor debu GP2Y1010AU0F berfungsi untuk mendeteksi partikel debu halus di udara. Terdapat juga modul Grove - Water Atomization v1.0 yang digunakan sebagai alat pelembab udara atau atomizer untuk membantu menjaga kualitas udara. Informasi hasil pembacaan sensor ditampilkan secara langsung melalui LCD 16x2 yang menggunakan modul I2C untuk kemudahan koneksi. Sistem ini dilengkapi dengan modul relay 2 channel yang berfungsi mengendalikan dua buah kipas DC berdasarkan hasil analisis kualitas udara. Seluruh sistem

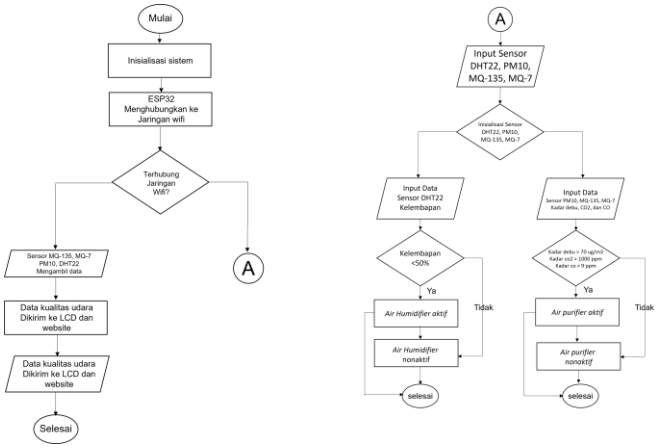
didukung oleh power supply yang diatur dengan modul step-down untuk memastikan tegangan sesuai dengan kebutuhan tiap komponen. Rancangan alat seperti dibawah ini :



Gambar 4. Desain perangkat keras

E. Diagram Alir Perancangan Sistem

Menunjukkan bahwa DHT11 dan Sensor MQ-135, MQ-7, PM10 mengenali lingkungan melalui suhu, kelembapan, gas yang dideteksi baik CO2 maupun CO serta sensor debu. Data hasil pengukuran dikirm melalui NodeMCU untuk diproses dan ditampilkan di LCD dan *website*. Jika nilai dari sensor DHT22 tinggi maka *Air Humidifier* akan aktif, data diolah dan ditampilkan di LCD dan *website* serta akan ada bunyi *buzzer* sampai pengelolaan dari *Air Humidifier* selesai. Jika Input sensor dari MQ-135, MQ-7, PM10 tinggi, maka *Air Purifier* akan aktif, lalu data diolah untuk ditampilkan di LCD dan *website* dengan bunyi *buzzer* dan *Air Purifier* akan bekerja sampai selesai. Jika nilai dari input tersebut rendah maka hanya akan di tampilkan di lcd dan *website* tanpa ada bunyi *buzzer*. Diagram Alir seperti gambar dibawah ini :



Gambar 5. Diagram Alir (*Flowchart*)

Hasil dan pembahasan

A. Perbandingan Hasil Penelitian

Penelitian ini mengangkat topik mengenai sistem monitoring kualitas udara dan penanganan udara kotor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi dengan sumber energi terbarukan berupa panel surya dengan teknologi *solar tracking*. Untuk mendukung penelitian ini, peneliti merujuk dan membandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang memiliki fokus pada monitoring kualitas udara dalam ruangan, baik dengan atau tanpa adanya sistem penanganan otomatis.

Penelitian pertama dilakukan oleh Hendi Budianto dan Budi Sumanto (2020) dengan judul "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things". Penelitian tersebut berfokus pada perancangan sistem monitoring kualitas udara tanpa adanya tindakan atau respons otomatis terhadap kualitas udara buruk. Sensor yang digunakan juga terbatas, dan tidak ada integrasi energi terbarukan.

Penelitian kedua dilakukan oleh Zaki Muhammad (2020) dengan judul "Perancangan Sistem Pembersih Udara Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani untuk Kontrol Kipas Berbasis IoT". Penelitian ini telah mengintegrasikan penanganan udara melalui kendali kipas dengan pendekatan logika *fuzzy*. Namun sistem ini hanya terbatas pada kontrol kipas, belum mencakup komponen lain seperti *humidifier* atau *purifier*, serta belum menggunakan energi alternatif.

Penelitian ketiga dilakukan oleh Fredy Agung Dwi Cahyono dan Denny Irawan (2021) yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Kontrol Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis IoT". Penelitian ini mencakup monitoring dan kontrol kualitas udara, namun belum mencakup sistem energi terbarukan dan hanya menggunakan web server sebagai media tampilannya.

Penelitian lainnya oleh Muhammad Hasanuddin dan Herdianto (2022) dengan judul "Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis IoT" berfokus pada deteksi awal pencemaran udara. Sistem ini belum memiliki fitur penanganan otomatis terhadap pencemaran udara dan tidak mendiskusikan penggunaan energi mandiri seperti panel surya.

Dari keempat penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memiliki keunggulan integratif yang belum ditemukan pada penelitian sebelumnya. Sistem yang dibangun tidak hanya mampu memantau kualitas udara secara *real-time* dan menampilkan data melalui berbagai platform (LCD, dan *Blynk*), tetapi juga dilengkapi dengan penanganan otomatis melalui aktivasi *air purifier*, kipas, dan *humidifier*, serta menggunakan energi alternatif berupa panel surya dengan teknologi *solar tracking* agar tetap dapat bekerja meskipun terjadi pemadaman listrik.

B. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras terdiri dari keseluruhan pembuatan perangkat keras sistem. Merupakan sistem monitoring dan penanganan udara berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem ini dilengkapi dengan beberapa sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan, seperti DHT11 yang berfungsi mengatur suhu dan kelembaban udara, sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas-gas berbahaya seperti amonia, CO2, dan asap, sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar karbon monoksida (CO), serta sensor debu *Sharp* GP2Y1010AU0F yang mengukur konsentrasi partikel debu di udara. Data dari sensor-sensor tersebut diproses oleh ESP32 dan ditampilkan melalui LCD 16x2 berbasis I2C. Selain itu, sistem ini juga menggunakan modul *Grove – Water Atomization* sebagai *humidifier* yang dikendalikan oleh ESP32 melalui 2-channel relay module, bersama dengan kipas DC yang juga diaktifkan saat kualitas udara menurun. Relay digunakan untuk mengontrol ON/OFF kipas dan *humidifier* berdasarkan ambang batas nilai sensor yang telah ditentukan. Seluruh sistem ini dapat dihubungkan ke *platform* IoT seperti *Blynk* untuk pemantauan jarak jauh secara *real-time*, sehingga memungkinkan pengguna mengetahui kondisi udara dalam ruangan sekaligus mengaktifkan tindakan penanganan secara otomatis untuk menjaga kualitas udara tetap bersih dan sehat. Implementasi perangkat keras seperti gambar dibawah ini :

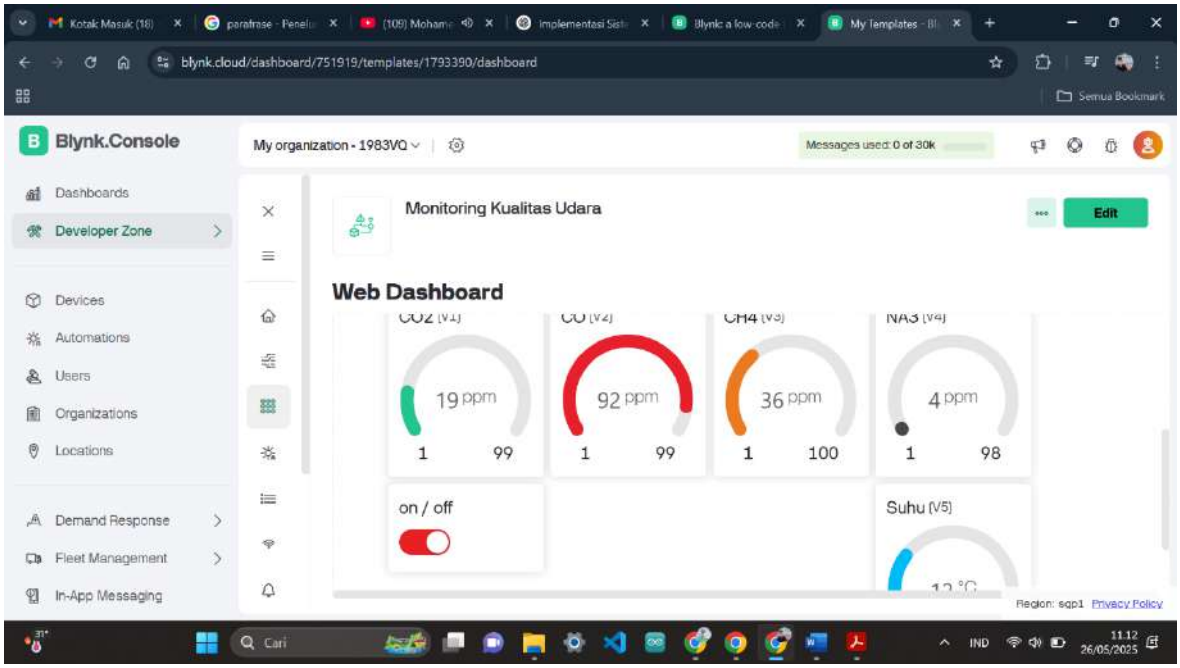


Gambar 6. Implementasi Perangkat Keras

C. Implementasi Perangkat Lunak

Pada tahap ini merupakan pembuatan tampilan monitoring kualitas udara dalam ruangan yang akan menampilkan hasil bacaan sensor dan tampilan berbentuk *gauge meter.* aplikasi Blynk yang digunakan untuk melakukan pemantauan kualitas udara secara *real-time* menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Sistem ini mengukur beberapa parameter kualitas udara dengan memanfaatkan berbagai sensor gas dan suhu, yang hasil pembacaannya dikirimkan ke *platform Blynk* melalui koneksi *Wi-Fi*. Sistem

monitoring kualitas udara berbasis IoT ini dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan berbagai sensor gas seperti MQ-135 untuk CO_2, MQ-7 untuk CO, dan sensor lain untuk mendeteksi CH_4 serta polutan tambahan (disebut NA3), serta sensor suhu untuk memantau kondisi lingkungan. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara *real-time* ke *platform Blynk* melalui koneksi *Wi-Fi,* lalu divisualisasikan dalam bentuk *gauge* pada *dashboard*. Setiap parameter memiliki indikator warna sebagai penanda tingkat bahaya, misalnya merah untuk CO yang berbahaya dan hijau untuk CO_2 yang masih aman. Selain memantau, sistem ini juga memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat penanganan udara seperti kipas atau *atomizer* secara jarak jauh melalui fitur saklar digital di *Blynk*. Sistem ini sangat efektif digunakan untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan secara *real-time,* serta memberikan kemudahan akses dan kendali melalui smartphone atau komputer dari lokasi mana pun. Tampilan Implementasi perangkat lunak seperti gambar di bawah ini :



D. Hasil Pembacaan sensor

1. Rentang Indeks Standart Pencemaran Udara

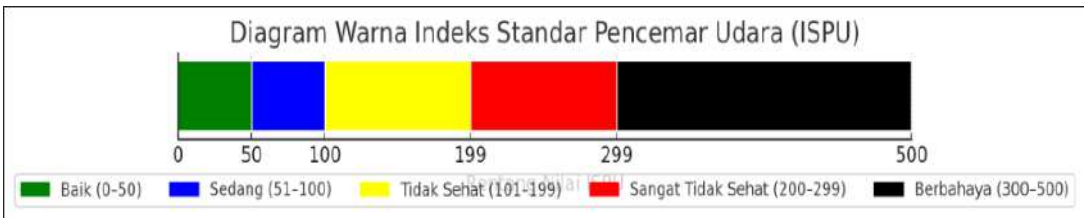
Indeks standart pemncemaran udara adalah indeks yang menunjukkan tingkat pencemaran udara di suatu wilayah dalam waktu tertentu. Indeks ini membantu masyarakat memahami sebarapa bersih atau tercemarnya udara serta dampaknya terhadap kesehatan. Lihat tabel dibawah ini :

Kategori	Rentang	Penjelasan

Baik	0-50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau estetika
Sedang	51-100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia maupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101-199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika
Sangat tidak sehat	200-299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	300-lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius

Tabel 1. Indeks Standart pemcemaran udara

Berikut adalah diagram warna Indeks standart pencemaran udara yang menunjukkan kategori kualitas udara berdasarkan rentang nilainya, dari ”Baik” (Hijau) hingga ”Berbahaya (Hitam)”



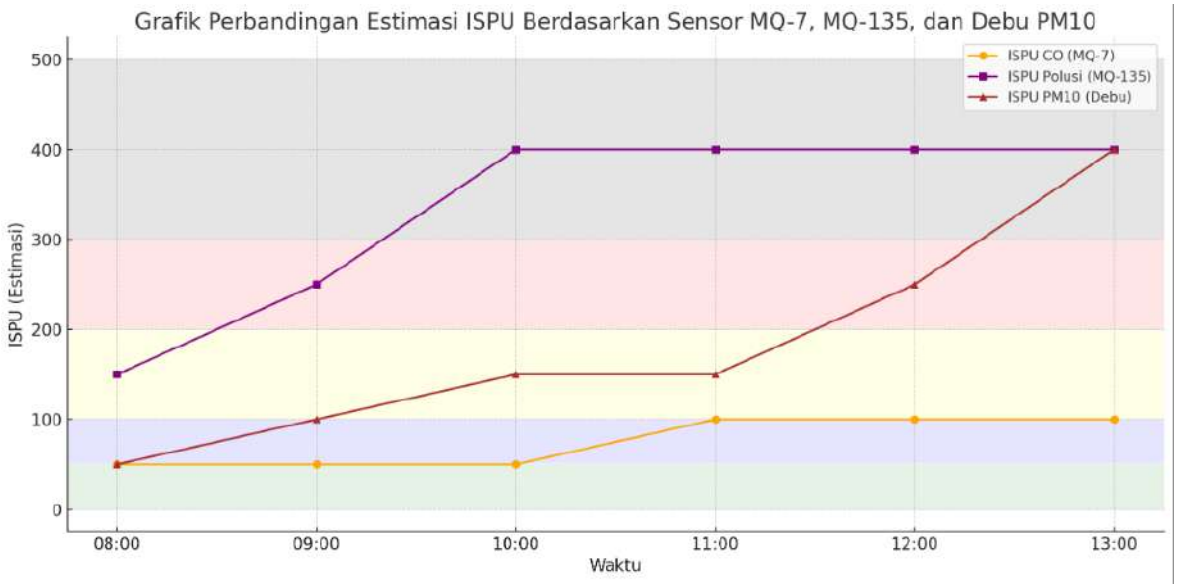
Gambar 8. Diagram Warna Indeks standart pencemaran udara

Grafik perbandingan data sensor MQ135, MQ7 dan PM10 berdasarkan data pembacaan dari beberapa sensor :

- **MQ-7 (CO)**: Mengukur karbon monoksida.
- **MQ-135**: Mengukur gas polutan umum (NH_3, NOx, benzena, dll).
- **PM10**: Mengukur partikel debu di udara ($\mu g/m^3$).

Setiap kurva memperlihatkan estimasi Indeks standart pencemaran udara berdasarkan hasil pembacaan sensor dari pukul 08.00 sampai 13.00, dengan latar warna menunjukkan kategori kualitas udara dari Baik hingga Berbahaya.Sensor DHT11 tidak ditampilkan sebagai grafik Indeks standart pencemaran udara karena hanya mengukur suhu dan kelembaban, tetapi

bisa digunakan hanya untuk korelasi terhadap kenyamanan udara. Berikut grafik indeks standart pencemaran udara dibawah ini :



Gambar 9. Grafik perbandingan ISPU (Indeks Standart Pencemaran Udara)

2. Persyaratan Kimia

Persyaratan kimia udara *ambien* (lingkungan) atau udara dalam ruangan ditentukan untuk menjamin bahwa kualitas udara tetap aman bagi kesehatan manusia. Berikut adalah penjelasan umum tentang persyaratan kimia udara berdasarkan parameter utama yang diukur oleh sensor seperti MQ-135, MQ-7, dan sensor debu PM10. Berikut tabel persyaratan kimia seperti dibawah ini :

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimal yg dipersyaratkan	Keterangan
1	Sulfur dioksida (SO_2)	ppm	0,1	24 jam
2	Nitrogen dioksida (NO_2)	ppm	0,04	24 jam
3	Carbon monosikda (CO)	ppm	9,00	8 jam
4	Carbondioksida (CO_2)	ppm	1000	8 jam
5	Timbal (Pb)	ppm	1,5	15 menit
6	Asbes	ppm	5	Panjang serat 5µ
7	Formaldehid	ppm	0,1	30 menit

	(HCHO)			

Tabel 2. Persyaratan Kimia

3. Hasil Pengujian Alat

Hasil pembacaan sensor untuk sistem monitoring kualitas udara dan penanganan udara kotor adalah sebgai berikut :

No	Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	CO (MQ-7) (ppm)	Polusi Udara (MQ-135) (ppm)	Debu (mg/m³)	Kipas Aktif	Humidifier Aktif	Status Udara
1	08.00	29,1	55	12	180	0,18	Tidak	Tidak	Baik
2	16.48	30,5	49	25	220	0,32	Ya	Tidak	Cukup Bersih
3	10.00	31,7	45	43	315	0,45	Ya	Tidak	Tercemar Ringan
4	11.00	32	39	56	410	0,62	Ya	Ya	Tercemar Sedang
5	12.00	33,4	35	78	500	0,85	Ya	Ya	Tercemar Berat
6	13.00	34,1	32	82	540	0,95	Ya	Ya	Bahaya

Tabel 3. Hasil Pembacaan Sensor

Sistem ini menggunakan beberapa sensor untuk memantau kualitas udara dalam ruangan secara menyeluruh. Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi karbon monoksida (CO) dengan *output* dalam satuan ppm berdasarkan hasil kalibrasi. Sensor **MQ-135** berfungsi untuk mengukur total gas polutan di udara, seperti amonia, benzena, dan nitrogen dioksida, juga dengan satuan ppm. Sementara itu, sensor debu **GP2Y1010AU0F** digunakan untuk mengestimasi kepadatan partikel debu (PM10) di udara. Untuk menjaga kualitas udara, kipas akan aktif secara otomatis jika salah satu indikator (CO, polusi, atau debu) melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Selain itu, *humidifier* akan menyala bila kelembaban udara turun di bawah 40%. Berdasarkan kombinasi seluruh parameter tersebut, sistem akan memberikan status kualitas udara secara umum untuk menunjukkan apakah udara dalam ruangan berada dalam kondisi baik, sedang, atau berbahaya.

4. Perbandingan Pembacaan Sensor IoT dengan Alat Konvensional

Perbandingan antara alat monitoring kualitas udara berbasis *internet of Things* dengan alat konvensional secara sistematik dan dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut :

Aspek	Alat IoT	Alat konvensional
Jenis mikrokontroler	ESP32 (dengan koneksi Wi-Fi & IoT)	Tidak menggunakan mikrokontroler (manual/analog)
Sensor yang digunakan	DHT11, MQ-7, MQ-135, GP2Y1010AU0F, *Humidifier*	*Termometer, hygrometer*, detektor gas portabel
Pemantauan data	Bisa terhung ke *cloud* untuk *logging*	Tidak menyimpan data secara otomatis
Repons otomatis	Kipas dan *humidifer* aktif ototmatis saat kondisi tidak baik	Harus diaktifkan secara manual oleh pengguna
Akurasi dan kompleksitas	Multisensor, akurasi baik indikator	Umumnya hanya satu parameter, seperti suhu atau CO
skalabilitas	Dapat dikembangkan untuk sistem otomatis rumah pintar	Tidak bisa dikembangkan atau di integrasikan ke sistem lain
konektivitas	Terhubung dengan internet	Tidak memiliki konektivitas
biaya	Relatif murah dan fleksibel karena berbasis *open source*	Bisa mahal (alat portable industri)
pemeliharaan	Perlu kalibrasi & *update* perangkat lunak	Perawatan rutin dan penggantian alat ukur

Tabel 4. Perbandingan Alar IoT dengan alat kenvensional

Perbandingan pembacaan sensor antara alat IoT dengan alat konvensional adalah sebagai berikut :

Parameter	Alat IoT	Alat konvensional
Suhu (°C)	DHT11/DHT22, otomatis terbaca dan ditampilkan di LCD/IoT	Termometer analog/digital, dibaca manual
Kelembapan (%)	DHT11, ditampilkan otomatis dan bisa di - *log*	Hygrometer manual, perlu pembacaan langsung
Gas Karbon Monoksida (CO)	MQ7, hasil terbaca dalam ppm dan dikirim ke server IoT	CO meter digital/analog, dibaca manual, tidak otomatis

Polusi gas umum	MQ135, membaca polutan seperti amonia, benzena, dll	Tidak tersedia pada alat konvensional umum
Kepadatan debu	*Shart GP2Y1010AU0F,* memberikan data mg/m³ secara *real-time*	Alat ukur partikel khusus (mahal, tidak portabel)
Data *Real-Time*	Ditampilkan di LCD dan dikirim ke *cloud (Blynk/ThingSpeak)*	Tidak ada, hanya bisa dilihat langsung saat itu saja
Logging & Riwayat	Bisa disimpan otomatis di *database* IoT	Tidak ada riwayat, perlu pencatatan manual
Alarm Otomatis	Kipas atau *humidifier* menyala otomatis berdasarkan data	Tidak ada, pengguna harus merespons manual

Tabel 5. Perbandingan sensor IoT dengan alat konvensional

Secara umum, alat berbasis ESP32 dan IoT yang dirancang memiliki kemampuan pembacaan sensor yang lebih lengkap, otomatis, dan *real-time* dibandingkan alat konvensional. Setiap data yang diperoleh dari sensor seperti MQ-7, MQ-135, DHT11, dan sensor debu dapat ditampilkan langsung di LCD, dikirim ke server IoT, serta digunakan sebagai pemicu otomatis untuk kipas atau humidifier. Sementara itu, alat konvensional hanya memberikan data terbatas, memerlukan pembacaan manual, dan tidak mendukung integrasi data ataupun pemantauan jarak jauh. Hal ini menjadikan sistem Anda lebih unggul dalam hal efisiensi, kecepatan respons, dan skalabilitas sistem monitoring kualitas udara.

Penutup

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kualitas udara dan penanganan udara kotor berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan dukungan energi terbarukan berupa panel surya dengan teknologi solar tracking. Sistem yang dikembangkan mampu memantau kualitas udara secara real-time melalui sensor MQ-135, MQ-7, DHT22, dan sensor debu, serta mengaktifkan aktuator seperti kipas, air purifier, dan humidifier secara otomatis ketika kualitas udara menurun. Selain itu, sistem tetap dapat beroperasi meskipun terjadi pemadaman listrik, berkat dukungan energi dari panel surya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja dengan baik dalam mendeteksi polutan udara dan memberikan respon otomatis yang efektif. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mendukung pemantauan kualitas udara, tetapi juga berkontribusi pada penggunaan energi yang ramah lingkungan dan efisien.

Saran

Penelitian ini masih memiliki ruang pengembangan lebih lanjut, khususnya dalam aspek integrasi sistem ke dalam platform monitoring yang lebih canggih seperti mobile apps atau AI-based data analytics. Diharapkan ke depan sistem ini dapat dikembangkan dengan dukungan jaringan sensor yang lebih luas serta penerapan teknologi machine learning untuk prediksi kualitas udara. Untuk implementasi skala besar, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut di berbagai lingkungan dan kondisi cuaca. Pihak pemerintah, lembaga pendidikan, dan masyarakat diharapkan dapat mendukung serta memanfaatkan sistem ini sebagai langkah awal dalam meningkatkan kesadaran dan tindakan nyata terhadap pentingnya menjaga kualitas udara serta penggunaan energi terbarukan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ibrahimy atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing, Ahmad Lutfi, M.Kom dan Farihin Lazim, M.Tr.T atas bimbingan dan arahannya. Penulis juga menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada KHR. Ahmad Azaim Ibrahimy, M.Sy selaku Pengasuh Pondok Pesantren Salafiyah Syafi'iyah Sukorejo Situbondo, yang senantiasa memberikan dorongan spiritual dan motivasi dalam setiap langkah akademik kami. Tak lupa, terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua kami atas doa, dukungan, dan pengorbanannya selama ini. Penulis juga memberikan apresiasi setinggi-tingginya kepada NATIONAL CONFERENCE ON RESEARCH AND PROCEEDINGS SISI INDONESIA (NCR-PRO SINESIA 2025) & NATIONAL CONFERENCE ON COMMUNITY SERVICE AND PROCEEDINGS SISI INDONESIA (NC2S-PRO SINESIA 2025) sebagai penyelenggara seminar nasional, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mempresentasikan hasil penelitian ini.

Daftar Pustaka

A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," IEEE Commun. Surv. Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095

A. D. Ramadhani, N. Ningsih, A. Nurcahya, dan N. Azizah, "Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan menggunakan Thingspeak," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: 10.21107/triac.v10i1.17501.

A. Solechan, J. D. Susatyono, T. W. AP, and F. Febryantahanuji, “PELUANG BISNIS PADA PENERAPAN INDUSTRIAL INTERNET OF THING (IIoT),” *J. Publ. Ilmu Komput. dan Multimed.*, vol. 1, no. 3, pp. 259–268, 2022.

Centers for Disease Control and Prevention and U.S. Department of Housing and Urban Development, “Chapter 2: Basic Principles of Healthy Housing,” Heal. Hous. Ref. Man., pp. 1–10, 2006, [Online]. Available: www.cdc.gov/healthyhomes/publications.html

I. Buana and D. A. Harahap, “Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok,” *AVERROUS J. Kedokt. dan Kesehat. Malikussaleh*, vol. 8, no. 1, pp. 1–16, 2022.

I. Standar and P. Udara, “INDEX KUALITAS UDARA,” no. 107, pp. 1–14, 1997.

J. Susilo and F. Tunjungsari, “Resiko Gangguan Pernapasan pada Industri Besi Baja,” *CoMPHI J. Community Med. Public Heal. Indones. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 110–121, 2022.

M. Hasanuddin and H. Herdianto, “Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IOT),” J. Comput. Syst. Informatics, vol. 4, no. 4, pp. 976–984, 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4034.

M. S. Novelan, “Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android,” *InfoTekjar J. Nas. Inform. Dan Teknol. Jar.*, vol. 4, No. 2, pp. 50-54, 2020,[Online] Available: https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i2.2306

N. A. Z. Putri, “Sistem Pendeteksi Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT),” *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 9–17, 2024.

R. Pratama and L. Parinduri, “Penaggulangan pemanasan global,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 1, pp. 91–95, 2019.

R. Purbakawaca and S. A. Fauzan, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbiaya Rendah Berbasis IoT,” J. Talent. Sipil, vol. 5, no. 1, p. 118, 2022, doi: 10.33087/talentasipil.v5i1.104.

S. N. Aini, D. N. Munahefi, A. S. Pramasdyahsari, and R. D. Setyowati, “Engineering Design Process STEM : Projek Miniatur Gazebo Joglo,” Prism. Pros. Semin. Nas. Mat. , vol. 7, pp. 37–43, 2024, [Online]. Available: https://proceeding.unnes.ac.id/prisma.

T. F. Schubert Jr., F. G. Jacobitz and E. M. Kim, Student perceptions and learning of the engineering design process: an assessment at the freshmen level, Research in Engineering Design, vol. 23, pp. 177-190, 2012.

W. Setyawan, F. Hadary, and M. Saleh, “PERANCANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DI DAERAH RURAL DENGAN KARAKTERISTIK GAMBUT BERBASIS TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IoT),” J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura, vol. 2, no. 1.

World Health Organization., 2010, “WHO Guidelines For Indoor Air Quality: Selected Pollutant”, Copenagen Denmark. [Online]. Available: https://bit.ly/2l7Kiny

Z. Mukhammad, “Perancangan Sistem Pembersih Udara Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Kontrol Kipas Berbasis Iot (Internet of Things),” pp. 1–59, 2020.

Biografi Singkat Penulis



Nuril Fajril Huda lahir di Situbondo 14 Juli 2002. Tumbuh dan besar di Situbondo dengan julukan kota santri. Awal pendidikan di tempuh dari jenjang TK Alhidayah 3, SDN 2 Dawuhan dan melanjutkan studi di PonPes Salafiyah Syafi'iyah Sukorejo Situbondo dari jenjang SMP Ibrahimy 1, SMK Ibrahimy 1, hingga Universitas Ibrahimy sampai sekarang.