

Sistem Pemantauan Kualitas Udara *IoT* Untuk Mitigasi Risiko Pekerja dan Masyarakat di Industri Genteng : Studi Kasus Desa Talesan Purwantoro Wonogiri

Dita Putra Pratama, Nurchim, Nibras Faiq Muhammad

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa Surakarta,
Jl. Bhayangkara No.55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta
Email : 202020243@mhs.udb.ac.id

ABSTRAK

Isu kualitas udara yang buruk di sekitar industri percetakan genteng yang dapat menyebabkan berbagai penyakit pernapasan pada pekerja dan masyarakat sekitar perlu perhatian khusus. Tujuan dari penelitian ini adalah menyediakan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (*IoT*) untuk memitigasi risiko paparan zat berbahaya seperti gas karbon monoksida (*CO*) dan partikel debu halus (*PM 2.5*). Pelaksanaan penelitian ini dengan pendekatan *Hardware Development Process*, yang terdiri dari beberapa tahapan antara lain ideation, concept, design, prototyping, dan testing. Sistem monitoring ini menggunakan mikrokontroler *ESP32* dan sensor gas *MQ-135* serta *GP2Y1010AU0F*, dengan data yang dikirim secara real-time ke website melalui protokol *MQTT*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan notifikasi ketika kadar polutan melebihi batas aman, sehingga dapat memberikan peringatan dini dan membantu dalam pengambilan keputusan yang cepat dan efektif. Secara keseluruhan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT* yang dikembangkan dapat meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja serta masyarakat di sekitar industri genteng, namun perlu dilakukan perbandingan pembacaan sensor dengan alat yang sudah terverifikasi untuk melihat margin error dari pembacaan data.

Kata Kunci : Kualitas Udara, *IoT*, Pencemaran Udara, *IoT*, Genteng

ABSTRACT

The issue of poor air quality around the roof tile printing industry can cause respiratory diseases in workers and the surrounding community and needs special attention. The purpose of this research is to provide an Internet of Things (IoT)--based air quality monitoring system to mitigate the risk of exposure to harmful substances such as carbon monoxide (CO) gas and fine dust particles (PM 2.5). The implementation of this research uses the Hardware Development Process approach, which consists of several stages, including ideation, concept, design, prototyping, and testing. This monitoring system uses an ESP32 microcontroller and MQ-135 and GP2Y1010AU0F gas sensors, with real-time data sent to the website via the MQTT protocol. The study results show that the system can provide notifications when pollutant levels exceed safe limits to provide early warning and assist in making quick and effective decisions. Overall, the IoT-based air quality monitoring system that has been developed can improve the safety and health of workers and communities around the roof tile industry. However, it is necessary to compare sensor readings with verified tools to see the margin of error from data readings.

Keywords : Air Quality, air pollution, *IoT*, roof tiles

1. PENDAHULUAN

Kualitas udara saat ini menjadi isu yang semakin mendesak untuk diatasi, dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi pada suatu wilayah hal tersebut juga akan mendorong semakin banyaknya orang untuk mencari pekerjaan di wilayah tersebut (Hidayati 2021) dan pada industri percetakan genteng dimana pekerja berurusan dengan debu dan asap pembakaran sangat rentan terkena penyakit yang menyerang saluran pernafasan, dalam asap pembakaran sendiri terkandung polutan seperti karbon monoksida (CO), PM 2,5, PM 10, Hidrokarbon polikromatik (PAH), senyawa organik volatil (VOC), logam berat dan zat beracun lainnya yang dapat mencemari lingkungan dan kesehatan manusia, untuk karbon monoksida sendiri dapat mengakibatkan pengikatan hemoglobin dengan oksigen dan dapat mengakibatkan anemia relatif, (Maryani 2022) karbon monoksida kebanyakan diakibatkan oleh kendaraan bermotor, pembakaran sampah, dan kegiatan industri, tidak terkecuali industri percetakan genteng (SYAIFULLOH 2021) dan untuk partikulat seperti debu hasil pembakaran atau debu halus lainnya yang sering disebut PM 2,5 dapat mengakibatkan gangguan pernafasan, dan juga debu sendiri bersifat beracun terutama untuk paru paru (Ainurrazaq, Hapis, and Hamdani 2022) partikulat tersebut sangat sulit dilihat oleh mata telanjang dan harus menggunakan mikroskop elektron atau alat pendeteksi yang lain karena memiliki banyak bentuk dan ukuran dan terbentuk dari banyak bahan kimia yang berbeda (Kirana Nurlaili and Hendrasarie 2023), menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 nilai ambang batas (NAB) karbon monoksida adalah 29 mg/m^3 atau $290000 \mu\text{g/m}^3$ (Peraturan Menteri Ketenagakerjaan 2018) dan untuk debu halus atau PM 2,5, pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020 memaparkan tabel konversi nilai konsentrasi pencemaran udara terhadap indeks standar pencemaran udara (ISPU) bahwa konsentrasi sebesar $55,4 \mu\text{g/m}^3$ sudah tergolong sebagai tidak sehat dan dapat merugikan manusia dan lingkungan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2020).

Pemantauan kualitas udara dan zat berbahaya yang ada di udara saat ini umumnya menghadapi tantangan terkait keterbatasan ruang lingkup, frekuensi pengukuran, dan biaya, untuk suatu lingkungan yang memiliki banyak orang dalam area tersebut, rasanya penting untuk memperhatikan masalah ini, dan jika hanya mengandalkan informasi dari

instansi terkait rasanya hasil dari pemantauan kualitas udara tersebut tidak bisa disesuaikan dengan kebutuhan lingkungan tertentu.

Oleh karena itu penulis mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT, dengan memanfaatkan perkembangan teknologi dibidang elektronika(Firgianingsih U, Nurchim and Usanto 2023), hal ini juga dapat menjadi inspirasi untuk instansi terkait dalam pengembangan layanan publik secara elektronik atau digital(Muhammad, Kusri, and Nasrini 2021), dengan menggunakan ESP32, sensor gas MQ135 dan sensor debu GP2Y1010AU0F, pada sistem ini informasi yang diberikan akan terupdate secara real-time dan data pembacaan sensor akan ditampilkan pada portal website dan jika terdeteksi zat berbahaya di udara telah melewati batas aman sistem tersebut akan memberikan peringatan berupa suara dari buzzer agar Masyarakat atau pekerja di lingkungan tersebut dapat melakukan tindak pencegahan dan penanggulangan terhadap resiko terpapar gas CO dan PM 2,5 atau debu hasil pembakaran secara berlebihan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang suatu model sistem pemantauan kualitas udara di sekitar sentra industri genteng, menghasilkan sistem pemantauan kualitas udara dengan akurasi tinggi dan dapat di pertanggung jawabkan, dan menghasilkan sistem yang dapat memitigasi risiko paparan zat berbahaya berlebih pada pekerja dan masyarakat di sekitar industri genteng.

Berikut adalah manfaat teoritis dan manfaat praktis dari penelitian ini adalah sebagai berikut. Manfaat teoritis dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi tambahan dalam pengembangan sistem pemantauan udara berbasis IoT. Manfaat praktis dari penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi kualitas udara secara realtime untuk respon cepat dan pengambilan keputusan yang efektif, memberikan peringatan saat terdeteksi zat berbahaya melewati batas aman, solusi yang lebih efisien secara biaya dalam pengembangan teknologi, dan memberi peringatan suara untuk meningkatkan keselamatan masyarakat.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa penelitian sebelumnya sebagai sumber referensi dan pertimbangan dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut :

Penelitian ini dilakukan oleh (Satryawan and Susanti 2023), Penelitian tersebut bertujuan untuk mendeteksi kualitas udara menggunakan sensor MQ-135, MQ-7, dan

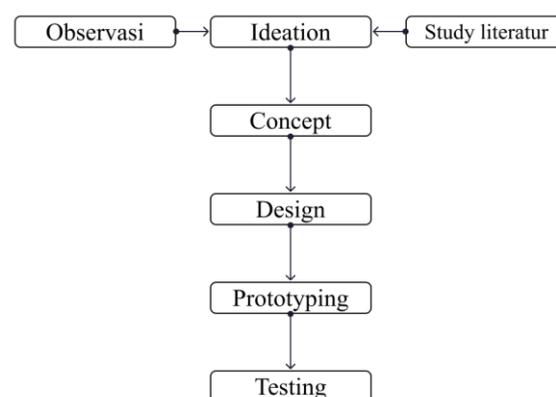
DHT22 dengan menggunakan mikrokontroler Wemos ESP32 D1 R32. Data dari sensor akan ditampilkan pada layar TFT 240 x 240, dan LED hijau akan menyala sebagai indikator bahwa kualitas udara aman. Selain itu, terdapat buzzer sebagai peringatan jika kualitas udara melebihi batas yang telah ditentukan. Selanjutnya, data sensor akan dikirim ke aplikasi Blynk untuk pemantauan yang lebih efisien.

Penelitian ini dilakukan oleh (Prakoso and Wellem 2022), Penelitian tersebut bertujuan untuk pemantauan kualitas udara melalui aplikasi android dengan menggunakan sensor MQ-135 dan MQ-9 dengan menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini kemudian data sensor dikirim ke cloud database Firebase.

Penelitian ini dilakukan oleh (Hasanuddin and Herdianto 2023), Penelitian tersebut bertujuan untuk melakukan monitoring dan deteksi dini terhadap pencemaran udara dengan menggunakan website ThingSpeak. Metode ini melibatkan sensor MQ-135 dan mikrokontroler Wemos Arduino. Data yang dihasilkan oleh sensor akan dipresentasikan pada sebuah website, serta ditampilkan pada LCD 16x2 yang terintegrasi dalam perangkat. Apabila kualitas udara menurun, sistem akan merespons dengan menyalakan kipas dan buzzer sebagai tindakan penanggulangan dan peringatan.

2. METODE

Pada penelitian ini penulis menggunakan Hardware Development Process sebagai metode yang digunakan dalam penelitian ini, agar pengembangan perangkat IoT yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak berfungsi sebagaimana mestinya, berikut adalah diagram alir metode penelitian :



Gambar 1: Diagram alir metode penelitian

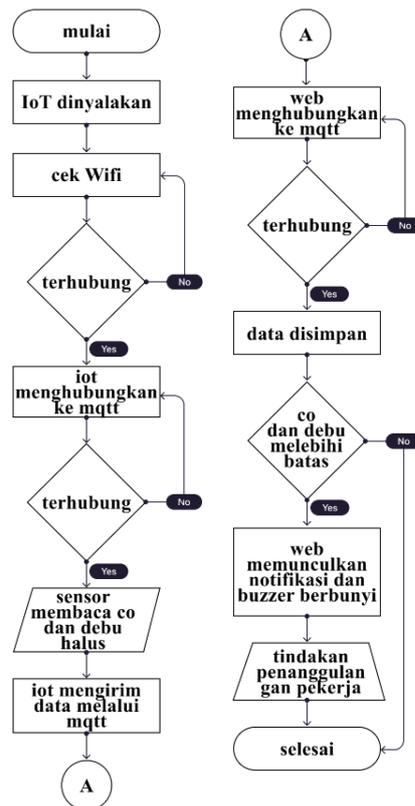
Pada penelitian ini penulis menggunakan data primer sebagai data penelitian, data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung selama penelitian (Wahyuningsari et al. 2022), metode pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi terhadap lingkungan industri genteng (Ichsan and Ali 2020) dan studi literatur dimana penulis mengumpulkan informasi mengenai penelitian yang dilakukan (Sitanggang 2021) seperti perkembangan IoT, zat berbahaya dalam industri genteng dan pengaruhnya terhadap kesehatan dan lingkungan, dapat dilihat pada Gambar 1. bahwa setelah melakukan studi literatur dan observasi penulis masuk ke tahapan seperti dalam *flowchart* yaitu : (1) *Ideation* pada tahap ini penulis merinci konsep dan tujuan system yang akan dikembangkan berdasarkan hasil observasi dan studi literatur. (2) *Concept* tahap ini penulis menganalisis kebutuhan dan permasalahan yang akan dihadapi, seperti menentukan mikrokontroler, jenis sensor yang akan digunakan, protokol pengiriman data yang akan dipakai, dan framework website yang akan digunakan. (3) *Design* penulis membuat desain sistem seperti membuat desain website, dan menentukan rangkaian perangkat IoT. (4) *Prototyping* pada tahap ini penulis mulai menerapkan *concept* dan *design* yang telah dibuat, seperti melakukan pengujian pengiriman data, pengujian sensor, dan pengujian alur sistem yang telah dibuat. (5) *Testing* pada tahap ini penulis melakukan pengujian komponen satu persatu dan juga pengujian website untuk memastikan bahwa sistem dapat berjalan seperti yang diinginkan serta melakukan beberapa penyesuaian yang dibutuhkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan akan dibahas secara detail tentang *ideation*, *concept*, *design*, *prototyping* dan, *testing*, berikut adalah pembahasan dari masing masing poin dalam metode penelitian :Penulis menyusun, menganalisis, mengevaluasi, menginterpretasi serta membandingkan hasil dari temuan terbaru dengan temuan penelitian yang telah ada. Penulis harus memperhatikan konsistensi artikel mulai dari judul hingga daftar pustaka.

Pada tahap pertama adalah *Ideation*, pada tahap ini penulis merancang konsep utama dari sistem IoT yang akan dibuat yaitu konsep utama dari system ini melibatkan penggunaan teknologi IoT untuk memantau kualitas udara pada lingkungan industri genteng, sistem ini akan mampu mengukur konsentrasi gas CO dan PM 2.5, dan informasi

tersebut akan dikirim ke website dan ditampilkan secara real-time pada website dan perangkat IoT itu sendiri, adanya mekanisme peringatan akan memberikan peringatan kepada pengguna jika terdeteksi bahwa kadar gas di atas batas aman, dari konsep tersebut dapat digambarkan menjadi *flowchart* sistem seperti pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2: Diagram alir sistem

Untuk tahap kedua adalah *Concept*, pada tahap ini penulis melakukan analisis kebutuhan untuk merealisasikan konsep sistem yang sudah dibuat, untuk komponen inti dalam pengembangan sistem ini penulis memilih menggunakan mikrokontroler ESP32 yang memiliki ukuran yang cukup kecil, daya tahan yang cukup mumpuni, fitur yang beragam, dan harga yang terjangkau. Lalu untuk sensor deteksi gas CO penulis memilih sensor MQ-135 yang sudah sering digunakan pada system yang serupa dan untuk sensor debu penulis menggunakan sensor GP2Y1010AU0F, untuk detail kebutuhan perangkat keras bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel kebutuhan perangkat keras

No	Komponen	Jumlah
1	ESP32	1
2	Sensor Sharp GP2Y1010AU0F	1
3	MQ 135	1
4	Pcb	1
5	Buzzer	1
6	Kabel jumper	20
7	Resistor 150 ohm	1
8	Capacitor 220 uF	1
9	Lcd 16x2 i2c	1

Untuk pemilihan teknologi yang digunakan untuk membangun website penulis memilih framework express.js untuk backend dan react.js untuk frontend dikarenakan framework tersebut memiliki berbagai macam fitur terkini dan mudah diintegrasikan dengan MQTT sebagai protokol pengiriman data yang ringan dan cepat, sehingga dapat mendukung pemantauan kualitas udara secara realtime, untuk lebih lengkapnya berikut daftar perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara dapat dilihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Tabel Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Software	Versi
1	VS Code	1.89.1
2	Arduino Ide	2.3.2
3	Node.js	20.11.0
4	Express.js	4.19.2
5	React.js	18.3.1

Untuk mengetahui kualitas udara berdasarkan hasil pembacaan sensor nantinya penulis menggunakan indeks standar pencemaran udara (ISPU), yang telah dipaparkan oleh kementerian lingkungan hidup dan untuk konversi nilai dapat dilihat pada Tabel 3, dan untuk rumus dapat adalah sebagai berikut.

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b$$

Keterangan :

I = ISPU terhitung

Ia = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_b = Konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

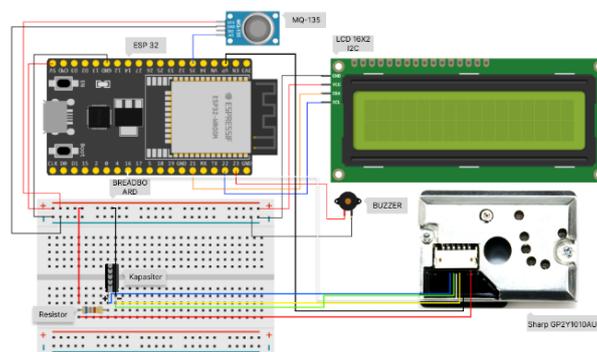
X_x = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tabel 3. Konversi nilai konsentrasi

ISPU	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Baik (0-50)	15.5	4000
Sedang (51-100)	55.4	8000
Tidak Sehat (101-200)	150.4	15000
Sangat Tidak Sehat (201-300)	250.4	30000
Berbahaya (>300)	500	45000

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan,2020)

Selanjutnya adalah *Design*, Pada tahap ini penulis penulis membuat desain dari tampilan website dan demonstrasi rangkaian kabel menggunakan aplikasi Figma, berikut adalah desain rangkaian kabel perangkat IoT dapat dilihat pada Gambar 3 :



Gambar 3: Desain rangkaian IoT

Pada Gambar 3 tersebut adalah skema rangkaian perangkat IoT yang telah dibuat menggunakan figma untuk acuan perakitan komponen perangkat IoT, untuk lebih jelasnya berikut adalah Tabel 4 sebagai penjelasan desain rangkaian.

Tabel 4. Penjelasan rangkaian IoT

No	Komponen	Rangkaian
1	Esp32 GND	GND MQ 135, GND lcd 16x2 i2c, GND buzzer, Pin (-) Capacitor
2	Esp32 5V	VCC MQ 135, VCC lcd 16x2 i2c, Resistor 150 ohm
3	Esp32 GPIO21	SDA lcd 16x2 i2c
4	Esp32 GPIO22	SCL lcd 16x2 i2c
5	Esp32 GPIO35	AO MQ 135
6	Esp32 GPIO23	Positif buzzer
7	Esp32 GPIO36 / VP	AO Sharp GP2Y1010AU0F
8	Esp32 GPIO16	Led Sharp GP2Y1010AU0F
9	Resistor	V-Led dan VCC Sharp GP2Y1010AU0F, Pin (+) Capacitor
10	Capacitor (-)	Led-GND dan GND Sharp GP2Y1010AU0F

Selanjutnya adalah *Prototyping*, Pada tahap ini penulis mulai membuat program untuk *backend* dan *frontend* website, merangkai perangkat IoT pada pcb, mengemas rangkaian pada wadah acrylic, dan mengintegrasikan perangkat IoT dengan mqtt untuk mengirim data pada website dan ditampilkan secara *realtime*, untuk perangkat IoT yang telah terpasang pada pcb dan wadah acrylic dapat dilihat pada Gambar 4.

**Gambar 4:** Foto perangkat IoT

Dan untuk tahap terakhir adalah *Testing*, Pada tahap ini penulis melakukan pengujian sistem seperti pengujian pengiriman data, pengujian website, dan memastikan setiap komponen pada perangkat IoT, pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah ada komponen atau bagian sistem yang tidak bekerja semestinya, berikut adalah hasil dari pengujian sensor dan pengiriman data dari perangkat IoT ke website yang bisa dilihat pada Gambar 5 dan pada Tabel 5.



Gambar 5: Tampilan halaman monitoring

Tabel 5. Hasil pengiriman dan pembacaan sensor

Tanggal	Waktu	CO (µg/m³)	PM2,5 (µg/m³)
6/10/2024	10:36:17	5465.61	83
6/10/2024	10:36:50	4921.92	89
6/10/2024	10:37:21	5187.96	88
6/10/2024	10:37:52	5250.99	80
6/10/2024	10:38:23	4982.31	83
6/10/2024	10:38:54	5553.45	76
6/10/2024	10:39:26	5063.75	78
6/10/2024	10:39:57	5272.13	76
6/10/2024	10:40:28	5125.55	83
6/10/2024	10:40:59	4901.93	71

Untuk fitur notifikasi pada website dan buzzer dapat bekerja dengan baik sesuai dengan hasil pembacaan sensor dan perhitungan konversi ke indeks standar pencemaran udara (ISPU), untuk hasil pengujian buzzer dan notifikasi pada website dapat dilihat pada Tabel 6 dan hasil pengujian apakah kadar pencemaran berada di bawah atau di atas ambang batas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil pengujian notifikasi website

No	Perangkat	Uji Coba
1	Gambar notifikasi website	
2	Tampilan pada perangkat	

Tabel 7. Hasil pengujian kadar pencemaran

No	Nilai Sensor		Nilai ISPU		Ambang Batas	Keterangan
	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO	PM2,5		
1	5465.61	83	68.95	129.76	100-200	Tidak sehat
2	4921.92	89	62.29	136.01	100-200	Tidak sehat
3	5187.96	88	65.55	134.97	100-200	Tidak sehat
4	5250.99	80	66.32	126.64	100-200	Tidak sehat
5	4982.31	83	63.03	129.76	100-200	Tidak sehat
6	5553.45	76	70.03	122.47	100-200	Tidak sehat
7	5063.75	78	64.03	124.55	100-200	Tidak sehat
8	5272.13	76	66.58	122.47	100-200	Tidak sehat
9	5125.55	83	64.79	129.76	100-200	Tidak sehat
10	4901.93	71	62.05	117.26	100-200	Tidak sehat

4. SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) yang ditujukan untuk memitigasi risiko terhadap pekerja dan masyarakat di industri genteng. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor MQ-135 serta GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi gas CO dan partikel PM2.5. Data kualitas udara yang dihasilkan dikirim secara real-time ke website melalui protokol MQTT, memungkinkan pemantauan secara kontinu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar polutan dapat dikonversi menjadi nilai ISPU untuk menentukan mabang batas serta sistem ini dapat memberikan notifikasi ketika kadar polutan melebihi batas aman, sehingga dapat memberikan peringatan dini dan membantu dalam pengambilan keputusan yang cepat dan efektif. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja serta masyarakat di sekitar industri genteng, akan tetapi perlu dilakukan perbandingan

pembacaan sensor menggunakan alat yang sudah terverifikasi untuk melihat margin error dari pembacaan data.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ainurrazaq, M., A. A. Hapis, and Hamdani. 2022. "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Keluhan Pernafasan Pada Pekerja Batu Bata Di Desa Talang Belido Kecamatan Sungai Delam Kabupaten Muaro Jambi Tahun 2021." *Jurnal Inovasi Penelitian* 2(12): 3927–32. <https://stp-mataram.e-journal.id/JIP/article/view/1496>.
- Firgianingsih U, Nurchim, R S, and Usanto. 2023. "Implementasi Sistem Smart Home Untuk Monitoring Dan Kontrol Peralatan Rumah Berbasis Internet of Things." *Prosiding Seminar ...* 09: 1–12. <http://senafti.budiluhur.ac.id/index.php/senafti/article/view/566%0Ahttp://senafti.budiluhur.ac.id/index.php/senafti/article/download/566/294>.
- Hasanuddin, Muhammad, and Herdianto Herdianto. 2023. "Sistem Monitoring Dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IOT)." *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)* 4(4): 976–84.
- Hidayati, Inayah. 2021. "Urbanisasi Dan Dampak Sosial Di Kota Besar: Sebuah Tinjauan." *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial* 7(2): 212.
- Ichsan, Ichsan, and Arhamudin Ali. 2020. "Metode Pengumpulan Data Penelitian Musik Berbasis Observasi Auditif." *Musikolastika: Jurnal Pertunjukan dan Pendidikan Musik* 2(2): 85–93.
- Kirana Nurlaili, Dea, and Novirina Hendrasarie. 2023. "Analisa Kualitas Lingkungan Udara Ambien (PM2.5) Di Kota Surabaya." *Jurnal Serambi Engineering* 9(1): 7988–95.
- Maryani, Irma. 2022. "Gambaran Kadar Hemoglobin Pada Pedagang Sate Yang Terpapar Asap Pembakaran Di Daerah Perkotaan."
- Muhammad, Nibras Faiq, Kusri Kusri, and Asro Nasrini. 2021. "Menggunakan Cobit 4.1 Dan Balance Scorecard Untuk Merancang Tata Kelola Sistem Informasi." *Jurnal Informa : Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* 7(1): 21–26.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan. 2018. "Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018." (021): 1–266.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020." *Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)*: 1–16. <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia>.
- Prakoso, Alvian Dafa, and Theophilus Wellem. 2022. "Perancangan Dan Implementasi Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT Menggunakan Wemos D1 Mini Dan Android." 4(3): 1246–54.

- Satryawan, Muhammad Arga, and Endang Susanti. 2023. "IoT (Internet of Things) MENGGUNAKAN WEMOS ESP32 D1 R32." 6(2): 410–19.
- Sitanggang, Rasmi. 2021. "Peran Guru Bimbingan Dan Konseling Dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Di Era COVID-19 (Studi Literatur)." *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan* 3(6): 5101–8.
- SYAIFULLOH, MOHAMMAD MA'ARIF. 2021. "Prediksi Indeks Standar Pencemaran Udara Di Kota Surabaya Berdasarkan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida." *Jambura Journal of Probability and Statistics* 2(2): 86–95.
- Wahyuningsari, Desy et al. 2022. "Pembelajaran Berdiferensiasi Dalam Rangka Mewujudkan Merdeka Belajar." *Jurnal Jendela Pendidikan* 2(04): 529–35.