

**RANCANG BANGUN ALAT DAN SISTEM PEMANTAU
KUALITAS UDARA PORTABEL DENGAN
GPS DAN *WEBSITE MONITORING***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro,
Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri,
Universitas Pendidikan Indonesia



Oleh

Septiana Zahri Amin

E.0451.2000714

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2024

**RANCANG BANGUN ALAT DAN SISTEM PEMANTAU
KUALITAS UDARA PORTABEL DENGAN
GPS DAN *WEBSITE MONITORING***

Oleh

Septiana Zahri Amin

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro,
Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri,
Universitas Pendidikan Indonesia

© Septiana Zahri Amin

Universitas Pendidikan Indonesia

2024

Hak Cipta dilindungi Undang – Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Septiana Zahri Amin

E.0451.2000714

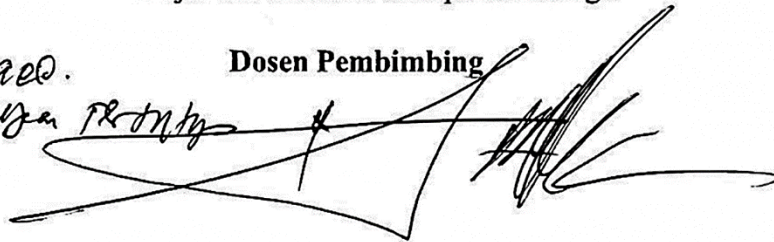
**RANCANG BANGUN ALAT DAN SISTEM PEMANTAU
KUALITAS UDARA PORTABEL DENGAN GPS
DAN WEBSITE MONITORING**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing :

aed.

Wawan Purnama

Dosen Pembimbing



Wawan Purnama, S.Pd., M.Si.

NIP. 19671026 1994031004

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Pendidikan Teknik Elektro



Dr. Ir. Maman Somantri, S.Pd., M.T.

NIP. 19720119 2001121001

ABSTRAK

Daerah dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi, perkembangan industri yang pesat, dan peningkatan aktivitas transportasi menyebabkan penurunan kualitas udara. Buruknya kualitas udara dapat memicu berbagai masalah kesehatan pada manusia dan lingkungan. Tujuan penelitian ini merancang alat deteksi kualitas udara beserta informasi lokasi yang dapat diakses melalui *website* pemantauan. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* melalui pendekatan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*). Sistem pemantauan menggunakan *ThingSpeak* dan *website* pemantauan. Sensor MQ7 mengukur CO, MQ135 mengukur CO₂, GP2Y1010AU0F mengukur PM₁₀, dan DHT11 mengukur suhu dan kelembapan, serta modul GPS Ublox NEO6MV2 membaca titik lokasi. Dari hasil pengujian alat bekerja dengan baik membaca parameter kualitas udara, rata – rata kualitas udara di Kota Bandung kurang baik dari segi kesehatan dan kenyamanan namun tidak tergolong berbahaya. Faktor yang mempengaruhi kualitas udara meliputi aktivitas kendaraan bermotor, pembakaran sampah, dan aktivitas manusia, serta pemanasan global dan kurangnya vegetasi. Perbandingan alat deteksi dengan situs *Air Quality Index*, *co2.earth*, dan *The Weather Channel*, menghasilkan persentase error, CO sebesar 61,84%, PM₁₀ sebesar 27,96%, CO₂ sebesar 42,03%, suhu 2,73% dan kelembapan sebesar 36,12%. Lokasi dan proses pengujian berpengaruh terhadap hasil deteksi alat.

Kata Kunci : Kualitas Udara, Tingkat Kenyamanan, Pemantau Kualitas Udara, Model ADDIE.

ABSTRACT

Areas with high population growth, rapid industrial development, and increased transportation activities have led to a decline in air quality. Poor air quality can trigger various health problems in humans and the environment. The purpose of this research is to design an air quality detection device with location information that can be accessed through a monitoring website. The research method used is Research and Development (R&D) through the ADDIE approach (Analyze, Design, Development, Implementation, and Evaluation). The monitoring system uses ThingSpeak and a monitoring website. The MQ7 sensor measures CO, MQ135 measures CO₂, GP2Y1010AU0F measures PM₁₀, and DHT11 measures temperature and humidity, while the Ublox NEO6MV2 GPS module reads the location point. From the test results, the device works well in reading air quality parameters. The average air quality in Bandung City is less than good in terms of health and comfort but is not classified as dangerous. Factors affecting air quality include motor vehicle activities, waste burning, and human activities, as well as global warming and a lack of vegetation. Comparison of the detection device with the Air Quality Index website, co2.earth, and The Weather Channel, resulted in an error percentage of 61.84% for CO, 27.96% for PM₁₀, 42.03% for CO₂, 2.73% for temperature, and 36.12% for humidity. The location and testing process influence the detection results.

Keywords: *Air Quality, Confort Level, Air Quality Monitoring, Air Quality, ADDIE Model.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Struktur Organisasi Skripsi.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Udara.....	4
2.2 Polusi Udara.....	4
2.3 Index Standar Pencemaran Udara (ISPU).....	5
2.3.1 Tata Cara Perhitungan ISPU	5
2.4 Ambang Batas Karbon Dioksida (CO ₂)	6
2.5 Indeks Kenyamanan (<i>Temperature Heat Index</i>).....	7
2.6 Rancang Bangun	9
2.7 Konsep Dasar Sistem	9
2.7.1 Pengertian Sistem.....	9
2.7.2 Karakteristik Sistem.....	10
2.7.3 Klasifikasi Sistem	11
2.8 Internet of Things.....	12
2.9 ESP32.....	13
2.10 Sensor DHT11.....	14
2.11 Sensor MQ7	14
2.12 Sensor MQ135	15
2.13 Sensor GP2Y1010AU0F.....	16
2.14 Module GY-GPS6MV2.....	17

2.15 Modul LCD OLED I2C	18
2.16 <i>ThingSpeak</i>	19
2.17 Arduino IDE.....	20
2.18 Penelitian Terkait	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Metode Penelitian	22
3.2 Alur Penelitian	23
3.3 Lokasi Penelitian.....	25
3.4 Metode Pengumpulan dan Analisis Data	25
3.5 Data Penunjang Penelitian	26
3.6 Perangkat Penunjang Penelitian.....	26
3.6.1 ESP 32.....	26
3.6.2 Sensor DHT 11.....	27
3.6.3 Sensor MQ7	28
3.6.4 Sensor MQ135	29
3.6.5 GP2Y1010AU0F.....	30
3.6.6 GY-GPS6MV2	30
3.6.7 LCD OLED I2C.....	31
3.6.8 Box.....	32
3.7 Rangkaian Pengujian	32
3.8 Cara Kerja Alat	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Rancang Bangun Alat	35
4.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak (Software).....	36
4.3 Kalibrasi Sensor	36
4.3.1 Kalibrasi Sensor MQ7.....	37
4.3.2 Kalibrasi Sensor MQ135.....	38
4.3.3 Kalibrasi Sensor GP2Y1010AU0F	39
4.3.4 Kalibrasi Sensor DHT11	41
4.3.5 Kalibrasi Modul u-blox NEO-6M V2	41
4.4 Pengujian Alat dan Sistem	41
4.5 Pengambilan Data	43
4.6 Analisis Data Hasil Pengujian.....	44
4.7 Kualitas Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)	46
4.8 Klasifikasi Kualitas Udara berdasarkan Karbon Dioksida (CO ₂).....	48
4.9 Klasifikasi Indeks Kenyamanan (<i>Temperature Heat Index</i>)	48
4.10 Analisis Kinerja Alat Pemantau Kualitas Udara	50
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI	51

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Implikasi	52
5.3 Rekomendasi.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori ISPU (Kusnandar, 2020)	5
Tabel 2.2 Konversi Nilai Konsentrasi Parameter ISPU (Kusnandar, 2020).....	5
Tabel 2.3 Ambang Batas Karbon Dioksida	7
Tabel 2. 4 Klasifikasi Heat Index (HI)	8
Tabel 3.1 Spesifikasi ESP32	27
Tabel 3.2 Spesifikasi DHT11	28
Tabel 3.3 Spesifikasi MQ7	28
Tabel 3.4 Spesifikasi MQ135	29
Tabel 3.5 Spesifikasi GP2Y1010AU0F	30
Tabel 3.6 Spesifikasi GY-GPS6MV2	31
Tabel 3.7 Spesifikasi LCD OLED	31
Tabel 4.1 Sensor dan Parameter	36
Tabel 4. 2 Pengujian Sensor MQ7 dan Sensor MQ135	42
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sistem pada Situs yang dibuat	43
Tabel 4. 4 Rata - Rata Hasil Pengujian 10 Lokasi di Kota Bandung	44
Tabel 4.5 Nilai Tertinggi dan Nilai Terendah Setiap Parameter di Kota Bandung	45
Tabel 4. 6 Nilai Rata – Rata Konsentrasi Setiap Parameter di Kota Bandung.....	46
Tabel 4.7 Kualitas udara berdasarkan parameter (PM_{10} dan CO) dan Konversi ISPU	47
Tabel 4.8 Kualitas Udara berdasarkan Parameter Karbon Dioksida	48
Tabel 4.9 Tingkat Rasa Nyaman berdasarkan Suhu dan Kelembapan	49
Tabel 4. 10 Analisis Kinerja Alat Pemantau Kualitas Udara	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dampak CO ₂ pada kinerja pengambilan keputusan manusia.....	6
Gambar 2. 2 Grafik Indeks Kenyamanan.....	8
Gambar 2.3 Internet of Things (https://kptk.kemdikbud.go.id/).....	12
Gambar 2.4 Mikrokontroler ESP32 (https://techiesms.com/).....	13
Gambar 2.5 Sensor DHT11 (https://techiesms.com/)	14
Gambar 2.6 Sensor MQ7 (https://punoscho.in/)	15
Gambar 2.7 Sensor MQ135 (https://www.indiamart.com/)	16
Gambar 2.8 Sensor GP2Y1010AU0F (https://jk-impex.com/).....	16
Gambar 2.9 Ilustrasi GPS (https://gps-trace.com/)	17
Gambar 2.10 Modul GY-GPS6MV2 (https://id.aliexpress.com/).....	18
Gambar 2.11 Modul LCD OLED I2C 128 x 64 (https://id.aliexpress.com/).....	18
Gambar 2.12 ThingSpeak (https://blog.indobot.co.id/)	19
Gambar 2.13 Arduino IDE (https://andprof.com/).....	20
Gambar 3.1 Model Pendekatan ADDIE (https://nbsoft.com/).....	22
Gambar 3. 2 Flowchart Alur Penelitian.....	23
Gambar 3.3 Lokasi Penelitian (Google Maps).....	25
Gambar 3.4 Mikrokontroler ESP32 (https://techiesms.com/).....	26
Gambar 3.5 Pin Mikrokontroler ESP32 (https://wasiswa.com/)	27
Gambar 3.6 Sensor DHT11 (https://techiesms.com/)	27
Gambar 3.7 Sensor MQ7 (https://punoscho.in/)	28
Gambar 3.8 Sensor MQ135 (https://www.indiamart.com/)	29
Gambar 3.9 Sensor GP2Y1010AU0F (https://jk-impex.com/).....	30
Gambar 3.10 Modul GY-GPS6MV2 (https://id.aliexpress.com/).....	30
Gambar 3.11 Modul LCD OLED I2C (https://id.aliexpress.com/).....	31
Gambar 3.12 Box Universal (https://www.tokopedia.com/).....	32
Gambar 3.13 Rangkaian Sistem Monitoring Kualitas Udara.....	32
Gambar 3.14 Blok Diagram Sistem Monitoring Kualitas Udara.....	33
Gambar 3. 15 Flowchart Cara Kerja Alat	33
Gambar 4. 1 Hasil Rancang Bangun Alat	35
Gambar 4. 2 Situs Hasil Perancangan Perangkat Lunak.....	36
Gambar 4. 3 Karakteristik Sensitivitas MQ7	37
Gambar 4. 4 Karakteristik Sensitivitas MQ135	38
Gambar 4. 5 Waktu Sampling Sensor	40
Gambar 4. 6 Grafik Kalibrasi Sensor GP2Y1010AU0F	40
Gambar 4. 7 Titik Lokasi	41
Gambar 4. 8 Titik Lokasi	41
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Sistem pada Situs ThingSpeak.....	42
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Sistem pada Situs yang dibuat	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. SK dosen pembimbing	58
Lampiran 2. Bukti kegiatan bimbingan.....	59
Lampiran 3. Lembar validasi	60
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian.....	62
Lampiran 5. Hasil Pengujian Pada 10 Lokasi	63
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	68

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rasyid, Mochammad Junus, Arinalhaq Fatachul, Binti Asfaki Ludiyah, & Marina Annisa Fitri. (2021). Pengaturan Perangkat Exhaust Pada Ruang Merokok Menggunakan Wireless Sensor Network. *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi*, 9(2), 100–107. <https://doi.org/10.33795/jtia.v9i2.42>
- Adrian, K. (2019). Peran dan Dampak CO2 terhadap tubuh manusia. Retrieved June 4, 2024, from <https://www.alodokter.com/mari-telusuri-seluk-beluk-karbon-dioksida-di-dalam-tubuh-kita>
- Alat Uji. (2020). Penelitian ilmiah dan medis berkolerasi dengan buruknya kualitas udara dalam ruangan (IAQ) dan peningkatan kadar karbon dioksida (CO2) dalam ruangan kantor. Retrieved June 4, 2024, from <https://alatuji.co.id/mengukur-kadar-co2-untuk-meningkatkan-ventilasi-iaq/>
- Ardiansyah, F., Misbah, & S., P. P. (2018). Sistem Monitoring Debu Dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Di Pt. Karunia Alam Segar. *IKRA-ITH TEKNOLOGI : Jurnal Sains & Teknologi*, 2(3), 62–71. Retrieved from <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-teknologi/article/view/333>
- Barri, M. H., Pramudita, B. A., & Wirawan, A. P. (2022). Prototipe Sistem Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Soil Moisture Dan Sensor DHT11. *ELECTROPS : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(1), 9–15. <https://doi.org/10.30872/electrops.v1i1.9373>
- Damayanti, T., & Hendriyono, R. (2022). Monitoring Kualitas Udara Ambien Melalui Stasiun Pemantau Kualitas Udara Wonorejo, Kebonsari dan Tandes Kota Surabaya. *Environmental Engineering Journal ITATS*, 2(1), 11–18.
- ELPROCUS. (n.d.). DHT11 Sensor and Its Working. Retrieved March 22, 2024, from <https://www.elprocus.com/a-brief-on-dht11-sensor/>
- Fitria Haya, R., Rizka Gunawan, C., & Amir, F. (2020). Monitoring System For Decorative Plants Using Arduino Nano Microcontroller. *ULTIMA Computing*, XII(2), 65–71.

- Hutahaean, J. (2015). *Konsep Sistem Informasi*. (G. P. Jati, Ed.). Yogyakarta: Deepublish. Retrieved from https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=o8LjCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=hutahaean&ots=t0rdvjJSeP&sig=kzFtbeBbdsNJWv2dUo9XU5n8Jo&redir_esc=y#v=onepage&q=hutahaean&f=false
- Kurniati, A. C., & Fanani, F. (2022). Konseptualisasi dan Penentuan Kriteria-kriteria Kenyamanan Kota. *Jurnal Reka Ruang*, 5(1), 1–9.
- Lee, K., & Greenstone, M. (2021). Indonesia's Air Pollution and its Impact on Life Expectancy, (September), 1–7.
- Manurung, M. B., Darmawan, D., & Fauzi Iskandar, R. (2018). Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan Berbasis Sensor MQ7. *Journal E-Proceedings of Engineering*, 5(2), 2358–2366.
- Megawati, S., & Lawi, A. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>
- Muhammad Syahputra, N. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android. *Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 4(2), 240–244. Retrieved from <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i2.2306>
- Nugroho, G. W., & Effendi, R. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Luas Permukaan Kulit Menggunakan Koveyor dan Sensor Optik Berbasis Arduino, 11(1), F1–F7.
- Nursyahbani, T., Rendy, M., & Karna, N. B. (2021). Pengembangan Sistem Parkir Pintar Berbasis IoT. *E-Proceeding of Engineering*, 8(5), 5221–5232.
- Peraturan Pemerintah RI. (1999). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang Pengendalian Pencemaran Udara (PP Nomor 41 Tahun 1999). Jakarta.

- Permana, A., Surapati, A., & Santosa, H. (2022). Penerapan Teknologi Rfid, Gsm Dan Gps Pada Perancangan Sistem Keamanan Sepeda Motor. *Jurnal Teknologi*, 14(1), 19–26. Retrieved from <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.14.1.19-26>
- Prafanto, A., Budiman, E., Widagdo, P. P., Putra, G. M., & Wardhana, R. (2021). Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 7(1), 37–43. <https://doi.org/10.31884/jtt.v7i1.318>
- Prakoso, A. D., & Wellem, T. (2022). Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Kualitas Udara berbasis IoT menggunakan Wemos D1 Mini dan Android. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 4(3), 1246–1254. <https://doi.org/10.47065/bits.v4i3.2498>
- Pratama, A., & Sofyan, A. (2020). Analisis Dispersi Pencemar Udara PM10 di kota Bandung Menggunakan Wrfchem Data Asimilasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(2), 11–30.
- Pratama, E. W., & Kiswantono, A. (2022). Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 7(2), 1273–1284. <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v7i2.21>
- Pratama, K., & Setiawan, E. B. (2018). Implementasi Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Peramalan Exponential Smoothing dan NodeMCU Berbasis Mobile Android. *Jurnal ULTIMA Computing*, 9(2), 58–66. <https://doi.org/10.31937/sk.v9i2.656>
- Pressman, R. S. (2012). *Rekayasa Perangkat Lunak - Buku Satu Pendekatan Praktisi*. (Andi, Ed.). Yogyakarta.
- Purbakawaca, R., & Sawitri, K. N. (2019). Sensor Debu GP2Y1010AU0F. *Gp2Y1010Auof Dust Sensor*, 1–6. Retrieved from <https://decabotelectronic.com/2019/03/18/detektor-konsentrasi-debu/%0AApa>

- Rahmawati, M. I., & Subardjo, A. (2023). Internet of Things (IoT) dan BC dalam Perspektif Akuntansi. *Jurnal Akuntansi Dan Keuangan*, 28(1), 28–36. <https://doi.org/10.23960/jak.v28i1.828>
- Rasha AbdulWahhab, Jetly, K. J., & Shakir, S. (2022). Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan. *Jurnal Teknik Informatika*, 17(1), 93–104. <https://doi.org/10.4018/ijkbo.2021070101>
- Rothfus, L. P., & Headquarters, N. S. R. (1990). The heat index equation (or, more than you ever wanted to know about heat index). *Fort Worth, Texas: National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology*. Retrieved from papers://c6bd9143-3623-4d4f-963f-62942ed32f11/Paper/p395
- Sanaris, A., & Suharjo, I. (2020). Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT). *Jurnal Prodi Sistem Informasi*, (84), 17–24.
- Satria, B., Alam, H., & Rahmانيar. (2023). Desain Alat Ukur Pencemaran Udara Portabel Berbasis Sensor Mq-135 Dan Mq-7. *Escaf*, 2(1), 1278–1285.
- Soraya, S. N., Jumarang, M. I., & Muliadi, M. (2020). Kajian Tingkat Kenyamanan Berdasarkan Suhu Udara, Kelembapan OLR (Outgoing Longwave Radiation) dan Angin. *Prisma Fisika*, 8(2), 147–152. <https://doi.org/10.26418/pf.v8i2.42612>
- Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Imagine*, 2(1), 35–40. <https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329>
- Tahir, F., Ridwan, W., & Nasibu, I. Z. (2020). Monitor Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi dan Modul Wemos D1. *Jurnal Teknik*, 18(1), 35–44. <https://doi.org/10.37031/jt.v18i1.57>
- Wahyudi, M. R., & Nugraha, A. R. (2023). Jurnal Teknik Informatika Alat Inkubator Kandang Anak Ayam Menggunakan Sensor Suhu Dht11 Dengan Mikrokontroler Arduino. *Jutekin*, 11(2).

- WHO. (2021). What are the WHO Air quality guidelines? Retrieved February 4, 2024, from <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>
- WHO. (2022). ambient (outdoor) air quality and health. Retrieved February 4, 2024, from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- WHO. (2024). Air pollution. Retrieved March 23, 2024, from https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- Widianto, E. D. (2020). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Arduino dan LoRa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel. *Transmisi*, 22(1), 6–14.
- Widodo, Y. B., Ichsan, A. M., & Sutabri, T. (2020). Perancangan Sistem Smart Home Dengan Konsep Internet Of Things Hybrid Berbasis Protokol Message Queuing Telemetry Transport. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 6(2), 123–136. <https://doi.org/10.37012/jtik.v6i2.302>