

# PERANCANGAN SENSOR GAS BERBASIS IoT UNTUK PEMANTAUAN KUALITAS UDARA

Eka Ratri Noor Wulandari<sup>1\*</sup>, Novita Rosyida<sup>2</sup>, Bayu Sutawijaya<sup>3</sup>, Harnan Malik Abdullah<sup>4</sup>,  
Salnan Ratih Asriningtias<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universitas Brawijaya; Jl Veteran No 12 – 14, Ketawanggede, Malang, Jawa Timur, Indonesia;  
(0341) 553240

Received: 19 Juli 2024

Accepted: 5 Oktober 2024

Published: 12 Oktober 2024

## Keywords:

Amonia; Sensor Gas;  
Internet of Things;  
Metana.

## Correspondent Email:

[ekaratri@ub.ac.id](mailto:ekaratri@ub.ac.id)

**Abstrak.** Semakin bertambahnya jumlah penduduk maka semakin banyak pula sampah yang dihasilkan. Sampah yang membusuk atau terbakar menghasilkan beberapa komponen gas antara lain metana ( $\text{CH}_4$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), dan lain-lain. Dampak yang ditimbulkan dari gas-gas tersebut adalah menurunnya kualitas udara terutama di sekitar lokasi pembuangan sampah. Penurunan kualitas udara ini dapat membahayakan kondisi kesehatan. Dengan adanya persyaratan kualitas udara, maka perlu dilakukan analisa dan pemantauan kualitas gas secara berkala. Oleh karena itu, dengan pesatnya perkembangan teknologi, maka dikembangkan perangkat portabel untuk pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Sensor gas yang digunakan terdiri atas sensor metana TGS2911 dan sensor gas amonia MQ137. ESP32 digunakan sebagai unit pemrosesan yang memungkinkan transmisi dan analisis data secara real-time. Data yang dihasilkan dari pembacaan sensor akan ditampilkan pada sebuah website sehingga pengguna yang dapat digunakan untuk memantau kualitas udara secara real.

**Abstract.** As the population increases, the amount of waste produced increases. Garbage that rots or burned produces several gas components including methane ( $\text{CH}_4$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ), and carbon monoxide ( $\text{CO}$ ), etc. The impact resulting from these gases is that air quality decreases, especially in areas around the disposal site. This reduction in air quality can harm health conditions. With the requirements for air quality, it is necessary to analyse and monitor the quality of gas regularly. Therefore, with the rapid development of technology, this research will develop a portable device for air quality monitoring based on the Internet of Things (IoT). The gas sensor node consists of the TGS2911 methane sensor and the MQ137 ammonia gas sensor. The ESP32, a powerful microcontroller with built-in Wi-Fi capabilities, is the central processing unit of the node. It establishes a wireless connection to an online server, allowing for real-time data transmission and analysis. The data generated from sensor readings will be displayed on a website so that users can monitor the results in real time anywhere and anytime.

## 1. PENDAHULUAN

Masalah lingkungan salah satunya adalah polusi udara memberikan pengaruh yang buruk terhadap kesehatan jutaan orang di seluruh

dunia. Banyak sumber yang menjadi kontributor polusi udara misalnya mobil, pabrik, pembangkit listrik, dan pembakaran sampah biomassa. Dampak buruk polusi udara

terhadap kesehatan manusia yaitu kanker, penyakit jantung, dan gangguan pernafasan. Oleh karena itu, sangat penting untuk memantau kualitas udara di berbagai tempat, termasuk di dalam dan luar ruangan. Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar ke-4 di dunia, yaitu 264 juta jiwa. Jumlah penduduk mempengaruhi jumlah sampah yang dihasilkan. Adanya perkembangan industri yang semakin pesat, dapat menambah volume, jenis, dan karakteristik sampah yang berkontribusi terhadap peningkatan polusi udara. Kota-kota besar dan ibu kota provinsi menjadi penyumbang sampah terbesar di Indonesia [1]. Adanya pertambahan jumlah penduduk, aktivitas ekonomi serta urbanisasi menyebabkan jumlah sampah di wilayah ini cenderung lebih besar dibandingkan kota-kota lain di sekitarnya. Penumpukan sampah yang tidak dikelola dapat menyebabkan pencemaran udara, air, dan tanah, yang dapat menjadi masalah utama bagi negara. Situasi ini akan meningkatkan kemungkinan masyarakat mengalami gangguan kesehatan dan penyebaran penyakit.

Sebagian besar pengelolaan sampah pada tempat pembuangan sampah (TPA) di Indonesia menggunakan metode *open dumping* dan *controlled landfill*. Namun, ada juga metode lain seperti pengomposan, pembakaran, pemilahan, dan daur ulang, meskipun tidak banyak digunakan. Meski tidak terlalu ramah lingkungan, metode *open dumping* adalah yang paling sederhana. Sampah hanya dibuang begitu saja ke TPA tanpa adanya pengolahan lebih lanjut. Di TPA, sampah diratakan dan dipadatkan dengan alat berat serta ditutup dengan tanah. Kedua cara tersebut kurang ramah lingkungan karena berpotensi mencemari air tanah dan pencemaran udara [2]. Sampah yang membusuk atau terbakar menghasilkan beberapa komponen gas antara lain metana ( $\text{CH}_4$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), dan karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) yang meningkatkan pencemaran udara [3]. Selain gas berbahaya tersebut, lingkungan juga sangat terancam oleh air lindi yang dihasilkan oleh tempat pembuangan sampah. Untuk memastikan tidak ada dampak negatif terhadap penduduk atau lingkungan setempat, maka pemantauan kualitas udara di wilayah-wilayah tersebut sangatlah penting.

Sistem pemantauan kualitas udara dilakukan dengan menempatkan stasiun tetap yang mengukur konsentrasi polutan tertentu. Namun, sistem ini mempunyai beberapa keterbatasan, seperti biaya tinggi, resolusi spasial rendah, dan kurangnya data real-time. Selain itu, pengukuran ini hanya terbatas pada polutan tertentu yang mempengaruhi kualitas udara sehingga diperlukan pengembangan sistem pemantauan kualitas udara dalam bentuk sistem informasi. Tujuan utama dari sistem informasi adalah untuk mendukung pengambilan keputusan, pengelolaan dan operasi organisasi dengan menyediakan informasi yang relevan, akurat, dan tepat waktu. Sistem informasi dapat digunakan diberbagai bidang dan tingkatan organisasi, mulai dari tingkat operasional hingga tingkat strategis [4]

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Polusi udara merupakan masalah lingkungan yang mendesak di Indonesia, mempengaruhi kesehatan masyarakat, ekosistem, dan pembangunan ekonomi [5]. Salah satu sumber utama pencemaran udara di Indonesia berasal dari TPA yang menggunakan metode *open dumping* tanpa pengolahan lebih lanjut, sehingga perlu dilakukan pemantauan untuk mengendalikan kebocoran emisi gas rumah kaca dan air tanah [6]. Sampah yang membusuk atau terbakar menghasilkan beberapa komponen gas antara lain metana ( $\text{CH}_4$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), dan karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) yang meningkatkan pencemaran udara [3]. Karena polusi udara meningkat dan air tanah terkontaminasi, permasalahan lingkungan ini terkait dengan penyakit yang mempengaruhi kesehatan manusia [1] sehingga pemantauan kualitas udara di sekitar TPA menjadi penting.

Internet of Things (IoT) adalah jaringan objek fisik yang dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan perangkat komunikasi yang dapat mengumpulkan, memproses, dan bertukar data melalui internet. IoT memungkinkan integrasi dunia fisik dan digital serta menyediakan berbagai aplikasi dan layanan di domain berbeda [7]. Banyak jaringan sensor, baik kabel maupun nirkabel, telah dibuat dan diteliti secara menyeluruh untuk berbagai aplikasi dalam sistem pemantauan selama sepuluh tahun terakhir. Node ad hoc dimasukkan ke dalam lingkungan untuk membuat jaringan sensor yang berfokus pada lingkungan [8]. IoT

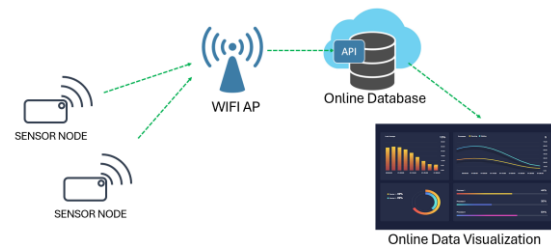
memang dianggap sebagai salah satu revolusi teknologi besar abad ini. Ini melibatkan interkoneksi berbagai perangkat yang dilengkapi dengan sensor dan aktuator, yang memungkinkan mereka mengumpulkan dan bertukar data melalui internet. Data yang dibagikan oleh perangkat ini dapat digunakan untuk membuat kerangka terpadu yang mendukung berbagai aplikasi dan layanan, yang pada akhirnya mengarah pada inovasi dan peningkatan fungsionalitas di berbagai bidang seperti pemantauan kualitas udara [9]. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menerapkan sistem berbasis *Internet of Things* untuk pemantauan kualitas udara berbasis node sensor gas. Dengan menawarkan perangkat berbiaya rendah, ringan, dan terukur yang dapat mengukur berbagai polutan gas secara real time, sistem ini berupaya mengatasi keterbatasan metode konvensional. Selain itu, sistem berupaya menawarkan antarmuka ramah pengguna yang dapat menampilkan informasi dan memberi tahu pengguna tentang kondisi kualitas udara.

*Internet of Things* (IoT) mewakili perubahan paradigma dalam cara perangkat, sensor, dan sistem berinteraksi dan berkomunikasi satu sama lain melalui internet [10]. Dengan memungkinkan konektivitas tanpa batas dan pertukaran data antar objek fisik, IoT berpotensi digunakan untuk sistem pemantauan. Pengembangan sistem pemantauan kualitas udara menggunakan IoT telah berhasil diterapkan untuk memantau polutan di beberapa area seperti pembangkit listrik tenaga nuklir, indoor dan outdoor [11] [12]. Monitoring polusi udara berbiaya rendah telah dikembangkan menggunakan sensor murah seperti MQ135 dan MQ 137 [13]. Sensor tersebut digunakan untuk memonitoring polusi udara yang akan membahayakan kehidupan manusia.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tahapan Review (Review Steps)

Pengembangan alat monitoring ini melibatkan dua proses utama; gateway transfer data dan sistem pemantauan online seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

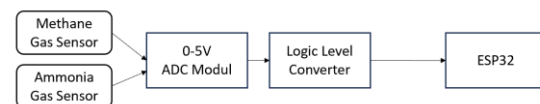


Gambar 1. Diagram Blok

#### 3.2. Tahapan Review (Review Steps)

Node sensor berfungsi sebagai unit akuisisi data. Dilengkapi dengan dua sensor gas yaitu sensor Methane dan Ammonia (masing-masing TGS2911 dan MQ137). Sensor ini secara aktif mendeteksi konsentrasi gas di sekitarnya. Sensor ini dihubungkan ke konverter analog-ke-digital (ADC) ADS1115 yang memungkinkan mikrokontroler ESP32 mengukur sinyal keluaran analog dari sensor secara akurat. Untuk memastikan komunikasi yang baik antara ADC dan ESP32, konverter level logika digunakan untuk menjembatani perbedaan tegangan (lihat Gambar 2.).

ESP32, mikrokontroler kuat dengan kemampuan Wi-Fi internal, adalah unit pemrosesan pusat dari node. Ini membuat koneksi nirkabel ke server online, memungkinkan transmisi dan analisis data secara real-time. Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan modul Wi-Fi yang terhubung ke titik akses terdekat, memastikan konektivitas internet tanpa batas. Selain itu, ESP32 mengandalkan server Network Time Protocol (NTP) untuk menyinkronkan jam internalnya, memastikan ketepatan waktu yang tepat dan akurat untuk pencatatan dan pelaporan data.



Gambar 2. Diagram Blok Node Sensor

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat keras node sensor yang telah dibangun dapat dilihat pada Gambar 3.

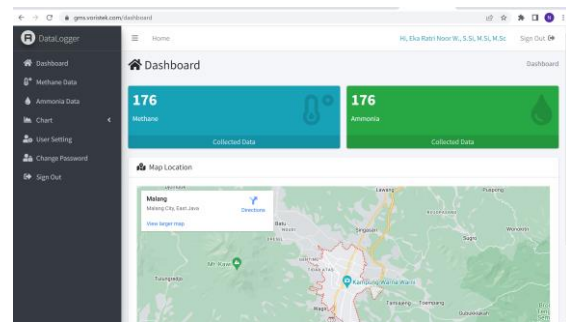


Gambar 3. Perangkat Keras Node Sensor

Transmisi data ke server online terjadi saat node sensor memperoleh pembacaan data dari sensor yang terhubung (Sensor Gas Metana TGS2911 dan Sensor Gas Amonia MQ137, kemudian informasi ini diformat dalam struktur JSON. Node tersebut memanfaatkan koneksi Wi-Fi untuk berkomunikasi dengan server online. Server online memainkan peran sentral dalam memproses dan menyimpan data sensor yang masuk. API (*Application Programming Interface*) melakukan beberapa fungsi utama:

- JSON Encoding, untuk mendekode data JSON yang masuk dan mengekstraksi informasi yang relevan.
- Otentikasi Pengguna: API memverifikasi identitas pengguna menggunakan kredensial yang disediakan dalam payload JSON.
- Interaksi Basis Data: Setelah pengguna diautentikasi, API berinteraksi dengan basis data MySQL untuk penyimpanan data. Database MySQL berfungsi sebagai tempat penyimpanan data sensor. Hal tersebut dirancang untuk menyimpan pembacaan sensor pada waktu yang sesuai.

Dashboard berbasis website dikembangkan untuk memvisualisasikan data sensor dalam format yang mudah digunakan. Antarmuka ini digunakan untuk memantau konsentrasi gas secara real-time. Dashboard dapat diakses melalui browser web dan dirancang responsif, memastikan kompatibilitas dengan berbagai perangkat. Dashboard dapat diakses dari berbagai perangkat, termasuk ponsel, laptop, dan komputer, jika terhubung ke internet. Tampilan website gas monitoring sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Halaman dashboard

Pengujian alat monitoring ini dilakukan dengan menggunakan sumber gas dari LPG. Apabila jumlah gas yang kontak dengan sensor melampaui ambang batas maka menunjukkan konsentrasi yang tinggi sehingga alat akan memberikan peringatan kepada system. Gambar 5 menunjukkan proses integrasi node sensor dengan cloud server. Data akan disimpan setiap menit dalam database dan pengguna dapat melihat hasilnya dari antarmuka situs web.



Gambar 5. Integrasi Sensor Node dan Cloud Server

Pembacaan jumlah gas metana dan ammonia pada website gas monitoring system seperti pada gambar 6. Data yang dibaca dapat menunjukkan konsentrasi gas tersebut di lingkungan sekitar.





Gambar 6. Hasil Pembacaan Gas Monitoring System

## 5. KESIMPULAN

Pengembangan node sensor berbasis IoT dengan konsep low cost dapat digunakan untuk pemantauan kualitas udara dan mendeteksi kebocoran gas secara real time. Sensor gas komersial MQ137 dan TGS2911 dapat digunakan untuk mendeteksi gas metana dan amonia. Pembacaan hasil pengukuran sensor ditampilkan pada melalui dashboard gas monitoring system sehingga dapat dilakukan pengolahan data secara lebih lanjut. Selain itu, system dimungkinkan untuk memberikan peringatan apabila kadar gas melebihi ambang batas sebagai bagian dari peringatan dini penurunan kualitas udara.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Vokasi Universitas Brawijaya dan pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. L. Luthfiani and H. D. Atmanti, "WASTE MANAGEMENT SERVICE IN INDONESIA BASED ON STOCHASTIC FRONTIER ANALYSIS," *Trikonomika*, vol. 20, no. 2, pp. 54–61, 2021.
- [2] M. A. Budihardjo, N. G. Humaira, B. S. Ramadan, I. F. S. Wahyuningrum, and H. S. Huboyo, "Strategies to reduce greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Indonesia: The case of Semarang City," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 69, pp. 771–783, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.02.029.
- [3] B. Polii, J. Najooan, and T. Ogie, "ANALYSIS OF GREENHOUSE GASES AND ODOR LEVELS AT TPA SUMOMPO, MANADO, NORTH SULAWESI," *Agrisosioekonomi: Jurnal Transdisiplin Pertanian (Budidaya Tanaman, Perkebunan, Kehutanan, Peternakan, Perikanan), Sosial dan Ekonomi*, vol. 5, pp. 1–8, 2021, [Online]. Available: <https://moondoggiesmusic.com/wp->
- [4] S. R. Asriningtias, S. Rosalin, T. A. Pawestri, D. C. Natalia, and D. K. Irmawati, "RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI DESTINASI DAN KALKULATOR PAKET WISATA DI KABUPATEN TRENGGALEK UNTUK SERATUS DESA WISATA BERBASIS WEB," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3931.
- [5] B. Michael Greenstone and Q. Fan, "Indonesia's Worsening Air Quality and its Impact on Life Expectancy," 2019.
- [6] Z. Mabunga and G. Magwili, "Greenhouse Gas Emissions and Groundwater Leachate Leakage Monitoring of Sanitary Landfill," *IEEE 11th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/HNICEM48295.2019.9072872>.
- [7] I. Utari Turyadi, F. Johan, and D. Widyanto, "Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika Analisa Dukungan Internet of Things (IoT) terhadap Peran Intelegen dalam Pengamanan Daerah Maritim Indonesia Wilayah Timur," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 29–39, 2021, [Online]. Available: <http://http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmi>
- [8] M. Meli, E. Gatt, O. Casha, I. Grech, and J. Micallef, "A Novel Low Power and Low Cost IoT Wireless Sensor Node for Air Quality Monitoring," in *IEEE ICECS 2020: 27th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems: 2020 conference proceedings: virtual conference*, 2020.
- [9] H. Paran, A. Ahmad, M. Muzakkir, and M. Nadzri, "Internet of Things (IoT) Based for Landfill Gas Monitoring System," *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 394–401, 2022, doi: 10.30880/eeee.2022.03.01.044.
- [10] A. James, A. Seth, and S. C. Mukhopadhyay, "IoT enabled sensor node: a tutorial paper," *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, vol. 13, no. 1, pp. 1–18, Jan. 2020, doi: 10.21307/ijssis-2020-022.
- [11] E. I. Sobeh, N. S. Donia, A. M. Abd El Salam, and M. N. ElSayed, "DESIGN OF A SENSOR NETWORK NODE FOR AIR QUALITY MONITORING IN NUCLEAR INSTALLATIONS," *Journal of*

- Environmental Science*, vol. 45, no. 3, pp. 69–85, Mar. 2019, doi: 10.21608/jes.2019.54229.
- [12] E. González, J. Casanova-Chafer, A. Romero, X. Vilanova, J. Mitrovics, and E. Llobet, “Lora sensor network development for air quality monitoring or detecting gas leakage events,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 21, pp. 1–21, Sep. 2020, doi: 10.3390/s20216225.
- [13] N. Castell *et al.*, “Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates?,” *Environ Int*, vol. 99, pp. 293–302, 2017, doi: 10.1016/j.envint.2016.12.007.