

Pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Pemetaan Kualitas Udara Berbasis IoT Menggunakan Sensor MQ2 dan DHT22 dengan Platform ESP32 dan Thingspeak Metode Prototype (Studi Kasus Kelurahan Poris Plawad Indah, Kota Tangerang)

Nailah Rahadatul'Aisy^{1*}, Fifi Julfiati²

^{1,2}Universitas Pamulang; Jl. Surya Kencana No.1, Pamulang Barat, (021) 741-2566 atau 7470 9855

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

e-mail: *¹aisynaila757@gmail.com, ²dosen01829@unpam.ac.id

Abstrak

Penelitian ini berjudul “Pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pemetaan Kualitas Udara Berbasis IoT Menggunakan Sensor MQ2 dan DHT22 dengan Platform ESP32 dan ThingSpeak Metode Prototype (Studi Kasus: Kelurahan Poris Plawad Indah, Kota Tangerang)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas udara secara *realtime* dengan mengintegrasikan *Internet of Things (IoT)* dan Sistem Informasi Geografis (SIG) agar dapat memberikan informasi kondisi udara secara akurat dan mudah diakses oleh masyarakat maupun instansi lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *prototyping*, yang meliputi tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi sistem. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari sensor MQ2 untuk mendeteksi gas berbahaya seperti LPG, asap, dan alkohol; sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara; serta ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung ke jaringan Wi-Fi. Data sensor dikirim ke platform ThingSpeak melalui protokol MQTT untuk divisualisasikan dalam bentuk grafik dan diintegrasikan dengan peta digital berbasis Leaflet sehingga dapat menampilkan lokasi dan status kualitas udara secara geografis.

Kata Kunci: IoT, ESP32, Sensor MQ2, DHT22, ThingSpeak, MQTT, Sistem Informasi Geografis, Kualitas Udara

Abstract

This research, entitled “Development of a Geographic Information System (GIS) for Air Quality Mapping Based on IoT Using MQ2 and DHT22 Sensors with ESP32 and *ThingSpeak* Platform method prototyping (Case Study: *Poris Plawad Indah Subdistrict, Tangerang City*)”, aims to design and develop a real-time air quality monitoring system by integrating *Internet of Things (IoT)* technology with a Geographic Information System (GIS). The system provides accurate and easily accessible air quality data for both the public and environmental institutions.

The research uses the *prototyping* method, which includes stages of requirement analysis, design, implementation, testing, and evaluation. The hardware components consist of an MQ2 sensor to detect hazardous gases such as LPG, smoke, and alcohol; a DHT22 sensor to measure temperature and humidity; and an ESP32 microelectronic as the main control unit connected via Wi-Fi. Sensor data are transmitted to the Thing Speak platform using the *MQTT protocol*, visualized in the form of charts, and integrated with a Leaflet-based digital map to display air quality conditions geographically in real-time.

Keywords: Io T, ESP32, MQ2 Sensor, DHT22, Thing Speak, MQTT, Geographic Information System, Air Quality

I. PENDAHULUAN

Kualitas udara adalah salah satu isu lingkungan yang semakin mendapat perhatian di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Karena pertumbuhannya yang cepat menghadapi tantangan dalam mengelola kualitas udara karena aktivitas industri, kendaraan bermotor, dan faktor alami lainnya.

Tangerang menghadapi banyak sekali tantangan lingkungan, salah satunya adalah menurunnya kualitas udara akibat urbanisasi, industrialisasi, dan jumlah kendaraan bermotor yg tinggi. Dengan situasi saat ini di mana polusi udara menjadi ancaman besar bagi kualitas hidup masyarakat perkotaan, SIG menjadi alat yang krusial untuk memberikan wawasan mengenai distribusi dan tingkat polusi, memprediksi tren kualitas udara, serta membantu pengambilan keputusan dalam mengatasi masalah ini secara lebih efektif dan berkelanjutan.

Banyak masyarakat yang mungkin belum menyadari pentingnya memantau kualitas udara atau dampak polusi terhadap kesehatan mereka. Ini bisa mengurangi dukungan masyarakat terhadap pengembangan sistem kualitas udara atau kebijakan lingkungan yang diterapkan.

Paparan polusi udara seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikel debu berukuran mikro dapat menyebabkan gangguan pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan penurunan kualitas hidup masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang mampu memberikan informasi secara cepat, akurat, dan mudah diakses.

Internet of Things (IoT) memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara otomatis dan real-time melalui sensor yang terhubung ke jaringan internet. Sementara itu, Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan visualisasi data secara spasial dalam bentuk peta digital. Integrasi IoT dan SIG memberikan solusi komprehensif untuk pemantauan lingkungan berbasis lokasi.

Sensor MQ2 merupakan salah satu sensor gas yang banyak digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya seperti LPG, karbon monoksida (CO), asap, dan gas mudah terbakar lainnya. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi material sensitif terhadap konsentrasi gas di udara.

Kelebihan sensor MQ2 adalah harganya yang relatif murah dan kemampuannya mendeteksi berbagai jenis gas. Namun, sensor ini memiliki keterbatasan dalam hal selektivitas, karena tidak dapat membedakan jenis gas secara spesifik. Oleh karena itu, diperlukan proses kalibrasi agar hasil pengukuran lebih akurat dan dapat diandalkan.

Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan sensor sejenis seperti DHT11, sehingga sering digunakan dalam sistem monitoring lingkungan.

Pengukuran suhu dan kelembapan sangat penting dalam analisis kualitas udara karena kedua parameter tersebut dapat memengaruhi penyebaran dan konsentrasi gas di udara. Dengan menggunakan sensor DHT22, sistem dapat memberikan informasi kondisi lingkungan secara lebih lengkap dan akurat.

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi. Perangkat ini banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena memiliki performa tinggi, konsumsi daya rendah, serta kemampuan konektivitas yang baik.

Dalam sistem monitoring kualitas udara, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang membaca input dari sensor MQ2 dan DHT22, kemudian mengirimkan data tersebut ke platform cloud melalui jaringan internet.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem yang digunakan untuk mengumpulkan, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data yang memiliki referensi geografis. SIG memungkinkan visualisasi data dalam bentuk peta digital sehingga mempermudah pengguna dalam memahami informasi berbasis lokasi.

Dalam penelitian, SIG digunakan untuk menampilkan data kualitas udara secara spasial. Dengan adanya visualisasi peta, pengguna dapat mengetahui distribusi kualitas udara di suatu wilayah secara lebih intuitif dan informatif.

Integrasi antara Internet of Things (IoT) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan solusi yang komprehensif dalam pemantauan lingkungan. IoT berperan dalam pengumpulan data secara real-time, sedangkan SIG digunakan untuk memvisualisasikan data tersebut dalam bentuk peta.

Dengan menggabungkan kedua teknologi ini, sistem tidak hanya mampu menampilkan data numerik, tetapi juga memberikan gambaran kondisi lingkungan secara geografis. Hal ini sangat membantu dalam proses analisis dan pengambilan keputusan, terutama dalam pengelolaan kualitas udara di wilayah perkotaan.

ThingSpeak merupakan platform berbasis cloud yang digunakan untuk menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data IoT. Platform ini memungkinkan pengguna untuk mengirim data sensor secara real-time menggunakan protokol HTTP atau MQTT.

Dalam sistem ini, ThingSpeak digunakan sebagai media penyimpanan data dari ESP32. Data yang telah tersimpan kemudian dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan diintegrasikan dengan sistem SIG untuk visualisasi lebih lanjut.

Metode prototype merupakan metode pengembangan sistem yang berfokus pada pembuatan model awal (prototype) yang kemudian dikembangkan secara bertahap berdasarkan umpan balik pengguna. Metode ini sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT karena memungkinkan pengujian langsung terhadap perangkat keras dan perangkat lunak.

Tahapan dalam metode prototype meliputi:

1. Identifikasi kebutuhan
2. Perancangan sistem
3. Pembuatan prototype
4. Pengujian sistem
5. Evaluasi dan pengembangan

Dengan menggunakan metode ini, sistem yang dikembangkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna secara lebih fleksibel.

II. METODE PELAKSANAAN

Metode penelitian ini digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan penelitian agar hasil yang dicapai tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditentukan. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan beberapa teknik, antara lain:

a. Wawancara

Berisi informasi demografi, batas administrasi wilayah, kondisi infrastruktur, serta karakteristik umum Kelurahan Poris Plawad Indah. Data ini di gunakan sebagai dasar pemetaan wilayah penelitian.

b. Observasi

Meliputi laporan pemantauan kualitas udara tahunan. Data indeks kualitas udara (AQI), serta parameter polutan utama seperti PM2.5, PM10, dan CO. Data ini untuk berfungsi sebagai referensi untuk memverifikasi temuan dari hasil pengamatan lapangan

c. Dokumentasi Visual

Untuk memperkuat deskripsi lapangan, peneliti mengambil dokumentasi berupa foto dan video. Dokumentasi ini digunakan sebagai bukti visual yang dapat memperjelas temuan penelitian serta mendukung proses analisis spasial pada SIG.

2.2 Metode pengembangan sistem

Untuk mengembangkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, penelitian ini menggunakan metode prototype—model pengembangan sistem yang menekankan proses pembuatan prototipe (*prototype*) sebagai bentuk awal sistem yang akan berkembang secara bertahap sesuai dengan umpan balik pengguna. Metode ini dipilih karena cocok untuk pengembangan sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* dan Sistem Informasi Geografis (SIG), di mana proses uji coba langsung terhadap perangkat keras, seperti sensor dan mikroelektronik, serta *visualisasi data real-time* diperlukan.

Kualitas Udara di Indonesia Standar kualitas udara ambien ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Sangat penting untuk memahami kebijakan ini untuk menilai relevansi dan efek dari sistem pemetaan kualitas udara yang akan dibangun. Selain Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, terdapat pula sejumlah kebijakan dan regulasi lain yang 52 menjadi acuan dalam pengelolaan dan pemantauan

kualitas udara di Indonesia. Regulasi-regulasi ini berfungsi sebagai pedoman dalam menentukan ambang batas pencemar udara, tata cara pemantauan, serta langkah-langkah pengendalian untuk menjaga kualitas udara tetap berada pada tingkat yang aman bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan. Beberapa kebijakan dan regulasi yang relevan antara lain: 1. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, yang mengatur peran pemerintah daerah dalam memantau dan melaporkan kondisi kualitas udara secara berkala. 2. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), yang menjadi acuan utama dalam menentukan kategori kualitas udara berdasarkan parameter seperti PM10, PM2.5, CO, O₃, SO₂, dan NO₂. 3. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menegaskan kewajiban setiap pihak untuk mencegah, mengendalikan, dan menanggulangi pencemaran udara. Dengan adanya regulasi tersebut, sistem pemetaan kualitas udara berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini diharapkan dapat mendukung implementasi kebijakan pemerintah melalui penyediaan data yang lebih real-time, akurat, dan mudah diakses. Data ini dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi pihak terkait, baik pemerintah maupun masyarakat, dalam upaya menjaga dan meningkatkan kualitas udara di wilayah Kelurahan Poris Plawad Indah, Kota Tangerang.

Berbagai alat dan teknologi yang semakin canggih telah digunakan untuk memantau kualitas udara. Saat ini, sensor kualitas udara digunakan secara luas untuk melakukan pengukuran yang lebih akurat dan luas. Selain itu, teknologi Internet of Things (IoT) telah digunakan untuk mengirimkan data secara real-time ke sistem SIG. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Wijaya et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi pemantauan kualitas udara.

Dalam penelitian ini, kerangka pemikiran menjelaskan proses logis dan tahapan berpikir yang digunakan untuk mengembangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pemetaan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (IoT) yang

menggunakan sensor MQ2 dan DHT22 serta platform ThingSpeak dan ESP32. Meningkatnya aktivitas manusia dan transportasi di daerah perkotaan, yang berdampak pada penurunan kualitas udara, mendorong penelitian ini. Kondisi tersebut menuntut adanya sistem pemantauan yang dapat memberikan data kualitas udara secara real-time, akurat, dan mudah dipahami oleh masyarakat dan pemerintah daerah. Sistem konvensional yang masih bersifat manual seringkali memiliki keterbatasan dalam hal cakupan wilayah, frekuensi pengukuran, dan kecepatan pelaporan data.

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini menggambarkan alur logis dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dan SIG. Meningkatnya aktivitas industri dan transportasi di wilayah perkotaan menyebabkan penurunan kualitas udara. Sistem pemantauan konvensional yang masih bersifat manual memiliki keterbatasan dalam hal cakupan wilayah dan kecepatan penyajian data.

Oleh karena itu, dikembangkan sistem berbasis IoT menggunakan sensor MQ2 dan DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Data yang diperoleh dikirim ke platform ThingSpeak dan divisualisasikan menggunakan SIG berbasis web. Sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi kualitas udara secara real-time, akurat, dan mudah dipahami.

Penelitian yang dilakukan oleh Wijaya et al. (2021) mengembangkan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang mampu menampilkan data secara real-time. Namun, sistem tersebut belum mengintegrasikan visualisasi spasial berbasis SIG.

Penelitian lain oleh Zulfikar & Rahman (2020) menggunakan metode prototype dalam pengembangan sistem monitoring polusi udara, tetapi masih terbatas pada tampilan data numerik tanpa peta digital.

Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem yang mengintegrasikan IoT dan SIG untuk menghasilkan visualisasi data yang lebih informatif.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Masalah

Identifikasi masalah dalam pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan kualitas udara di Kota Tangerang dapat dirinci sebagai berikut:

- a. Pemantauan kualitas udara di Kelurahan Poris Plawad Indah belum dilakukan secara *real-time*
- ### 3.4.1 Perancangan Basis Data

3.2 Analisa Data Sensor

Untuk mengetahui kondisi kualitas udara di lokasi pengujian, data yang diperoleh dari sensor MQ2 dan DHT22 dianalisis yaitu:

1. Sensor MQ2 menghasilkan nilai analog (0–4095) yang menunjukkan konsentrasi gas seperti LPG, metana, atau asap. Nilai ini kemudian dikonversi menjadi satuan ppm (parts per million) dengan menggunakan perbandingan ambang batas yang telah dikalibrasi.
2. Data yang diberikan oleh sensor DHT22 termasuk suhu (°C) dan kelembapan relatif (%RH). Data ini kemudian dikategorikan menjadi tiga kondisi utama:
 - a. Aman ketika ada kadar gas yang rendah dan suhu dan kelembapan berada di batas normal.
 - b. Waspada ketika konsentrasi gas mendekati batas bahaya atau suhu meningkat.
 - c. Bahaya: Kadar gas tinggi menandakan kemungkinan kebocoran atau polusi udara yang signifikan.

3.3 Analisa sistem IoT

Tahapan ini menganalisis proses transmisi data dari perangkat keras ke sistem *cloud* menggunakan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) melalui *ThingSpeak*. ESP32 berfungsi sebagai pengirim data (publisher), sedangkan server *ThingSpeak* berfungsi sebagai penerima dan penyimpan data (broker). Proses analisis sistem IoT meliputi:

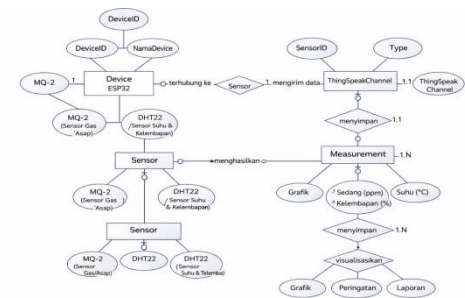
1. Pembacaan data sensor secara periodik menggunakan program berbasis bahasa C/C++ di Arduino IDE.
2. Pengiriman data ke server *ThingSpeak* melalui koneksi *WiFi* dengan interval tertentu (setiap 20 detik).
3. *Perekaman* data sensor dalam bentuk *field* di saluran (*channel*) *ThingSpeak*.
4. Pengujian *reliabilitas* koneksi dan *validasi* keberhasilan pengiriman data berdasarkan kode respons *server* (HTTP status code 200 = sukses).

3.4 Perancangan Sistem

Perancangan basis data dilakukan untuk mengelola dan menyimpan data hasil pembacaan sensor agar dapat diakses oleh *system* secara efisien. Dalam *system* ini, data sensor disimpan secara *cloud based* menggunakan platform *ThingSpeak*, kemudian dapat diambil dan ditampilkan pada dashboard web melalui API.

a. ERD (*Entity Relationship Diagram*)

Berikut diagram ini menggambarkan hubungan antara label user dan sensor data, dimana satu pengguna dapat memiliki banyak data sensor (realisi one – to – many)



Gambar 1 ERD

b. Class Diagram Struktur Sistem

Diagram ini menjelaskan hubungan antar komponen utama dalam *system*, yaitu ESP32, sensor MQ2, DHT22, *ThingSpeak*, dan dashboard web.

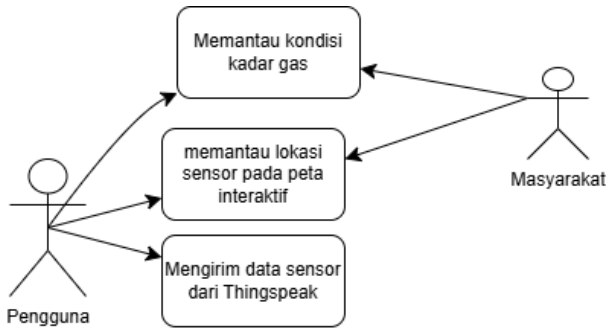


Gambar 2 class Diagram

3.5 Perancangan Aplikasi

a. Use Case Diagram

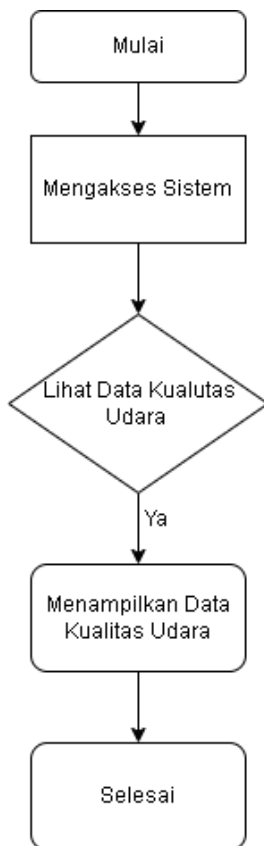
Use Case menampilkan hubungan antara aktor dan sistem dalam bentuk diagram, yang menggambarkan apa saja aktivitas yang dapat dilakukan oleh aktor terhadap sistem. Dengan adanya Use Case, pengembang dapat mengetahui batasan sistem serta layanan apa saja yang harus disediakan.



Gambar 3 Use Case Diagram

b. Activity Diagram

Diagram aktivitas sistem pemantauan gas berbasis Internet of Things berikut menunjukkan urutan aktivitas dari melihat data sensor hingga menampilkannya di dashboard web. Sistem berjalan secara berulang setiap lima belas detik untuk memberikan data aktual.



Gambar 4 Activity Diagram

3.6 IMPLEMENTASI SISTEM

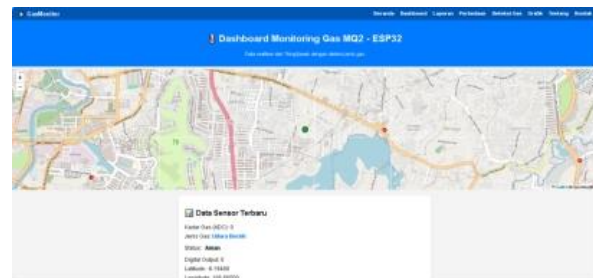
Implementasi dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai rancangan. Berikut tampilan utama Sistem Monitoring Gas :

3.6.1 Tampilan Beranda



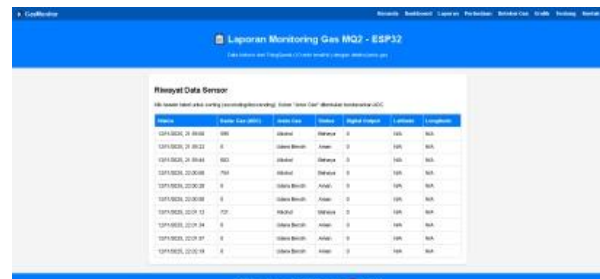
Gambar 5 Halaman Beranda

3.6.2 Halaman Peta Lokasi Sensor



Gambar 6 Halaman Peta lokasi sensor

3.6.3 Halaman Laporan



Gambar 7 Halaman Laporan Harian

3.7 Deskripsi Basis Data

Sistem menggunakan Thingspeak Cloud Database sebagai penyimpanan utama. Thingspeak menyediakan kanal (channel)

tempat menyimpan data dari ESP32, setiap chanel memiliki beberapa field yang berisi nilai sensor, seperti kadar gas, suhu, kelembapan, dan status.

Tabel 3.1 Struktur data pada Thingspeak

No	Nama Field	Tipe data	Keterangan
1	Field1	Float	Data kadar gas dari sensor MQ2 (ppm)
2	Field2	Float	Data suhu dari sensor DHT22(°C)
3	Field3	Float	Data kelembapan dari sensor DHT22 (%)
4	Field4	String	Status kondisi lingkungan (Aman / Waspada / Bahaya)
5	Created_at	Timestamp	Waktu data diterima oleh ThingSpeak
6	Entry_id	Integer	ID unik setiap data yang disimpan

Deskripsi Umum Sistem

Sistem monitoring gas ini dirancang untuk memantau konsentrasi gas berbahaya di lingkungan secara realtime menggunakan sensor MQ2 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. ESP32 berfungsi untuk membaca data sensor dan mengirimkan secara berkala ke platform ThingSpeak melalui jaringan Wi-Fi. Data yang telah dikirim ke cloud kemudian ditampilkan melalui dashboard web interaktif menggunakan bahasa pemrograman HTML, CSS, dan JavaScript dengan bantuan Leaflet.js untuk menampilkan peta lokasi sensor.

3.8 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem monitor gas berbasis Internet of Things (IoT) ini menggambarkan proses bagaimana perangkat keras dan perangkat lunak bekerja secara integrasi untuk memantau kadar gas serta kondisi lingkungan secara Realtime. Sistem dirancang menggunakan mikroelektronik ESP32 yang 109 terhubung dengan sensor MQ2 dan DHT22, serta platform cloud ThingSpeak untuk pengiriman dan penyimpanan data yang kemudian divisualisasikan melalui dasbor web.

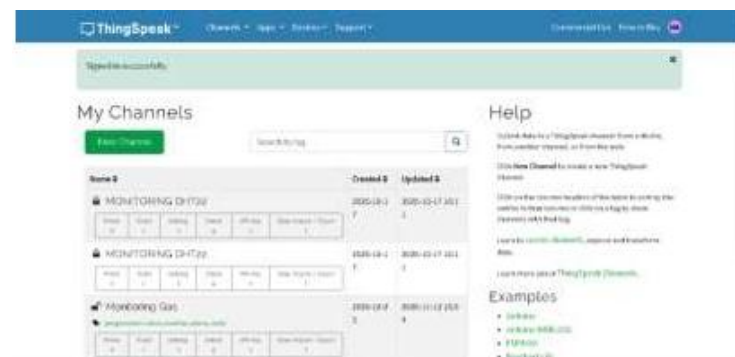
3.9 Implementasi Platform Thingspeak

3.9.1 Halaman Login Thingspeak



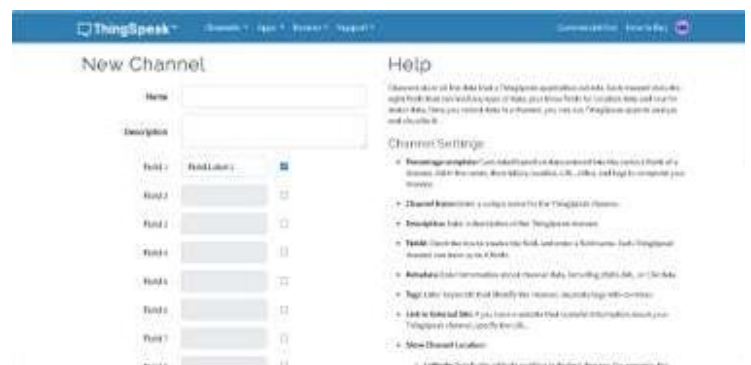
Gambar 8 Halaman Login Thingspeak

3.9.2 Membuat Chanel Baru



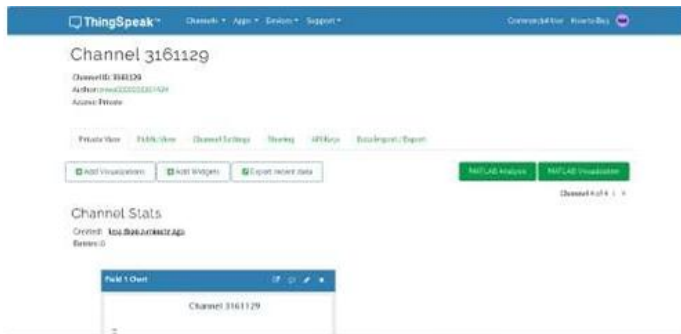
Gambar 9 Halaman Membuat Chanel Baru

3.9.3 Memberikan Nama Chanel



Gambar 10 Halaman Memberikan Nama Chanel

3.9.4 Melihat chanel ID dan API key



Gambar 11 Halaman Melihat Chanel ID dan API key

3.10 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa system monitoring gas berbasis ESP32 dan sensor MQ2 bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu pengujian koneksi jaringan, pengujian pembacaan sensor, dan pengujian tampilan dashboard.

Langkah pertama dilakukan dengan memastikan ESP32 dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi dan mengirim data ke ThingSpeak. Hasil berhasil mengirim data ke ThingSpeak saat koneksi stabil. Jika koneksi terputus, data tidak berkirin, namun sistem otomatis mencoba reconnect setiap 10 detik.

Langkah kedua dilakukan dengan diuji untuk deteksi gas pada berbagai kondisi udara, pengujian dilakukan dengan mendekatkan sensor ke sumber gas (LPG, rokok, dan udara bersih).

Langkah ketiga dilakukan dengan diuji dengan dashboard web untuk pengambilan data dari API thingspeak, pembaruan otomatis setiap 15 detik, perubahan warna marker berdasarkan status gas, dan unduh laporan harian (CSV).

Langkah keempat dilakukan dengan diuji sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar lokasi sensor. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan untuk memastikan bahwa sensor dapat membaca nilai suhu dan kelembaban dengan akurat serta mengirimkan data tersebut ke Platform ThingSpeak dan ditampilkan di dasbor web secara real-time.

Langkah kelima dilakukan dengan diuji data ke thingspeak untuk memastikan bahwa data hasil pembacaan sensor MQ2 dan DHT22 dapat berkirin ke platform

ThingSpeak secara realtime dan sesuai dengan parameter yang telah dirancang.

ThingSpeak juga menampilkan grafik otomatis untuk setiap field. Gambar berikut menunjukkan perubahan nilai kadar gas selama 10 menit pengujian. Jika gas yang terdeteksi adalah kebocoran LPG (yang cenderung menumpuk), grafik mungkin menunjukkan nilai tinggi yang lebih stabil dan bertahan lama. Sifat gas yang terdeteksi biasanya adalah volatil (mudah menguap), seperti alkohol atau parfum, yang dengan cepat menghilang dari udara, menyebabkan nilai ADC segera kembali ke nol.

Analisis spasial kualitas udara dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran udara di wilayah Poris Plawad Indah, Kota Tangerang. Ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan SIG, yang memungkinkan visualisasi dan analisis kondisi kualitas udara di lokasi.

Pada tahap analisis spasial menggunakan perangkat lunak QGIS untuk tahap analisis spasial, Gambar tersebut menunjukkan peta dasar wilayah Poris Plawad Indah, yang diambil dari layanan XYZ Tiles, yang merupakan OpenStreetMap. Selanjutnya, data titik kualitas udara dari sensor diimpor dalam bentuk lapisan vektor, yang ditandai dalam panel lapisan. Selanjutnya, peta sebaran kualitas udara secara spasial dibuat melalui proses interpolasi menggunakan metode IDW. Peta ini ditampilkan sebagai lapisan raster (Band 1) di atas peta dasar, memberikan gambaran visual tentang pola penyebaran polusi di wilayah penelitian. QGIS memiliki berbagai alat analisis spasial yang membantu dalam pengolahan data, pengaturan koordinat, simbolisasi, dan pembuatan peta tematik.

Poris plawad indah merupakan kawasan permukiman padat yang berada di kecamatan cipondoh, Kota Tangerang. Wilayah ini memiliki karakteristik: a. Kepadatan penduduk tinggi b. Lingkungan didominasi kawasan permukiman c. Banyak terdapat aktivitas transportasi (akses ke Jakarta – Tangerang). d. Terdapat beberapa titik komersial yang dapat menjadi sumber emisi Karakteristik ini menyebabkan wilayah tersebut berpotensi memiliki tingkat pencemaran udara yang bervariasi.

IV KESIMPULAN

Parameter kualitas udara harus diukur secara fisik dan kimia berdasarkan penelitian teori dan persyaratan pemantauan lingkungan. Suhu dan kelembapan udara adalah parameter fisik yang penting, yang membantu memahami pengukuran sensor gas. Parameter kimia yang harus diukur termasuk gas CO, CO₂, NO₂, SO₂, dan O₃, serta indikator polusi seperti asap dan VOC, yang dapat diamati oleh sensor MQ2. Selain itu, parameter PM_{2.5} dan PM₁₀ juga harus diukur. Mikrokontroler ESP32 dapat mengintegrasikan sensor DHT22 dan MQ2 ke dalam platform ThingSpeak melalui koneksi WiFi. Sensor DHT22 mengumpulkan data tentang suhu dan kelembapan, sedangkan sensor MQ2 mengumpulkan data tentang konsentrasi gas mudah terbakar atau asap. Data dari kedua sensor dibaca oleh ESP32, kemudian diproses, dirata-ratakan, dan dikirim ke ThingSpeak melalui metode HTTP GET atau HTTP POST.

Prosedur ini memungkinkan pemantauan kualitas udara secara real-time serta penyimpanan data secara otomatis pada server untuk analisis tambahan. Berdasarkan data yang dikumpulkan tentang aktivitas industri di Kelurahan Poris Plawad Indah dan analisis lingkungan, dapat disimpulkan bahwa industri berkontribusi pada peningkatan emisi udara. Proses manufaktur, penggunaan bahan bakar, dan mobilitas logistik industri dapat meningkatkan tingkat polutan 137 138 gas dan partikulat di udara. Kondisi ini terutama terlihat pada jam-jam puncak aktivitas serta pada kondisi meteorologi yang mendukung akumulasi polutan, seperti kecepatan angin rendah. Oleh karena itu, ada korelasi yang cukup kuat antara aktivitas industri di daerah tersebut dan degradasi kualitas udaranya.

Di sarankan agar kualitas udara di wilayah Poris Plawad Indah ditingkatkan melalui memantau rutin menggunakan sensor yang lebih akurat. Sehingga dapat membantu mengurangi tingkat polusi di lingkungan permukiman, pemerintah daerah harus meningkatkan jumlah area hijau, terutama di wilayah dengan tingkat polusi yang lebih tinggi. Selain itu, masyarakat harus terus dididik tentang bahaya polusi udara dan pentingnya menjaga lingkungan dengan tidak membakar sampah dan mengurangi penggunaan kendaraan

bermotor. Agar hasil pemetaan kualitas udara menjadi lebih komprehensif, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode analisis spasial yang lebih kompleks serta menggunakan data pendukung seperti gambar satelit. Untuk mendapatkan data yang lebih representatif dan sesuai dengan standar pemantauan kualitas udara, sistem pemantauan kualitas udara yang berbasis ESP32, DHT22, dan MQ2 perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor yang lebih akurat, seperti sensor partikulat PM_{2.5} dan PM₁₀, serta sensor multi-gas dengan sensitivitas yang lebih tinggi. Untuk mengurangi kesalahan pembacaan dan meningkatkan akurasi data, kalibrasi sensor, terutama MQ2, harus dilakukan secara berkala. Selain itu, untuk memastikan stabilitas operasi, pengujian sistem dalam jangka waktu yang lebih lama dan penyaringan (filtering) data harus dilakukan.

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis Internet of Things (IoT) untuk pemantauan kualitas udara secara real-time di Kelurahan Poris Plawad Indah, Kota Tangerang. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor MQ2 untuk deteksi gas dan asap, sensor DHT22 untuk pengukuran suhu serta kelembapan, dan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah sekaligus pengirim data melalui jaringan Wi-Fi ke platform ThingSpeak menggunakan protokol MQTT.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan data secara stabil dan mengirimkan informasi ke cloud tanpa keterlambatan signifikan. Visualisasi data dalam bentuk grafik dan peta digital berbasis Leaflet memudahkan interpretasi kondisi kualitas udara secara spasial dan real-time. Selain itu, penggunaan LED dan buzzer sebagai sistem peringatan dini terbukti efektif dalam memberikan notifikasi ketika kadar gas melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Secara keseluruhan, integrasi teknologi IoT dan SIG dalam penelitian ini memberikan solusi monitoring kualitas udara yang efisien, ekonomis, dan mudah dikembangkan. Sistem ini berpotensi menjadi model awal pengembangan pemantauan lingkungan berbasis sensor untuk skala yang lebih luas di wilayah perkotaan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) yang dikombinasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu menghasilkan sistem pemantauan kualitas udara yang efektif dan responsif. Implementasi

sensor MQ2 dan DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 memungkinkan proses akuisisi data suhu, kelembapan, dan kadar gas dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan. Integrasi dengan platform ThingSpeak mendukung penyimpanan serta visualisasi data berbasis cloud, sementara pemetaan menggunakan Leaflet memperkuat aspek analisis spasial.

Dari hasil pengujian, sistem mampu memberikan informasi kondisi udara dalam tiga kategori utama (aman, waspada, dan berbahaya) secara real-time. Fitur peringatan dini menggunakan LED dan buzzer meningkatkan fungsi sistem tidak hanya sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai mekanisme mitigasi risiko lingkungan.

Meskipun sistem telah berjalan dengan baik, cakupan parameter kualitas udara masih terbatas pada deteksi gas dan kondisi lingkungan mikro. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan kelengkapan parameter, khususnya dengan menambahkan sensor partikulat seperti PM2.5 dan PM10 agar sesuai dengan standar baku mutu udara ambien. Secara umum, penelitian ini membuktikan bahwa sistem monitoring berbasis IoT dan SIG dapat diterapkan pada skala kelurahan sebagai langkah awal menuju implementasi konsep smart environment di tingkat kota. Penelitian ini mengkaji implementasi integrasi Internet of Things (IoT) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pemantauan kualitas udara skala lokal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis sensor MQ2 dan DHT22 yang dikendalikan oleh ESP32 mampu melakukan akuisisi serta transmisi data lingkungan secara real-time ke platform cloud ThingSpeak dengan stabilitas koneksi yang memadai. Visualisasi spasial berbasis Leaflet meningkatkan keterbacaan informasi dibandingkan penyajian data numerik semata.

Secara konseptual, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan model monitoring lingkungan berbasis low-cost IoT yang dapat direplikasi pada skala komunitas. Integrasi sistem peringatan dini (LED dan buzzer) memperluas fungsi sistem dari sekadar monitoring pasif menjadi mekanisme respons awal terhadap potensi bahaya gas. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis sensor sederhana dapat menjadi alternatif solusi awal dalam mendukung

pengelolaan kualitas udara di wilayah padat aktivitas.

Namun demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan metodologis dan teknis. Sensor MQ2 bersifat sensitif terhadap berbagai jenis gas tanpa kemampuan spesifikasi selektif yang tinggi, sehingga estimasi konsentrasi gas masih bersifat indikatif dan memerlukan kalibrasi lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi kuantitatif. Selain itu, belum adanya sensor partikulat (PM2.5 dan PM10) membatasi kesesuaian sistem terhadap standar baku mutu udara ambien nasional maupun internasional. Cakupan pengambilan data juga masih terbatas pada satu titik lokasi, sehingga belum dapat merepresentasikan variasi spasial kualitas udara secara menyeluruh.

Dengan mempertimbangkan temuan dan keterbatasan tersebut, sistem yang dikembangkan dapat diposisikan sebagai prototipe awal dalam pengembangan smart environment berbasis IoT. Pengembangan lanjutan yang mencakup multi-node sensor, kalibrasi berbasis standar referensi, serta integrasi parameter partikulat akan meningkatkan validitas ilmiah dan potensi implementasi sistem pada skala

DAFTAR PUSTAKA

- Aqib, M. &. ((2020)). *Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Sensor Gas*. Jurnal Teknologi Informasi, 12(2), 45–52.
- Azizah, D. N., Heranurweni, S., & Idris, L. O. M. (2024). Internet of Things Based Air Quality Monitoring System with Automatic Notification. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*.
- Arkhan, M. G., & Saputra, Z. R. (2024). Air Quality Monitoring System Based Internet of Things. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*.
- Budiyanto, E. (2019). *Sistem Informasi Geografis: Teori dan Aplikasi*. Bandung: Informatika.
- Documentation., T. (2023). *IoT Analytics Platform. MathWorks*.
- ESP32., A. Q. (2021). Chen, X., Zhang, Y., & Liu, S. *International Journal of Smart Technology*, 5(1), 10–18.
- Fathurrahman, A. &. (2021). Implementasi Sensor MQ2 untuk Deteksi Gas Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Elektronika dan Otomasi*, 9(1), 23-31.

- Fikri, A., Ridwan, M., & Agustine, D. (2024). *Implementation of Internet of Things (IoT) in Air Quality Monitoring (AQI)*. Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Ilmu Komputer
- Guntur, I. (2021). *pengembangan Prototipe Sistem Informasi: Metode dan Implementasi*. jakarta.: Prenadamedia Group.
- Mindara, G. P., & Dwi, T. S. (2024). *Pembuatan Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT Menggunakan Sensor DHT22, GP2Y1010AU0F, dan MQ2 dengan Metode Logika Fuzzy*. IPB University
- Purwanto, A. &. (2019). *Analisis Implementasi Sensor DHT22 untuk Monitoring Suhu dan Kelembapan*. Jurnal Teknologi dan Sains,, 201-209.
- Riyadi, S. (2022). *Sistem Informasi Geografis Berbasis Web Menggunakan Leaflet.js*. jurnal sistem informasi,, 55-63.
- Romadhona, R. D., Rahmat, M. F., & Nugroho, V. (2023). *Environmental Sensing as IoT-Based Temperature, Humidity, and Gas Information Using ESP32*. Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika
- Setiawan, I. &. (2019). *Pemetaan Kualitas Udara Menggunakan Metode Interpolasi IDW pada SIG*. Jurnal Geografi, 8(2), 98-105.
- Veronika, A. T., Warits, K., & Irfan, M. N. (2023). *Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis IoT dengan Sensor MQ-135 dan DHT22*. Journal of Renewable Energy and Smart Device.
- Zulfikar, R. &. (2020). *Pengembangan Sistem Monitoring Polusi Udara Berbasis IoT Menggunakan Metode Prototype*. Jurnal Teknologi dan Riset, 5(2), 90-98.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).