

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara adalah salah satu faktor penting dalam ekosistem karena berpengaruh langsung terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup. Udara merupakan campuran berbagai jenis gas yang membentuk lapisan atmosfer di sekitar bumi. Meskipun komposisi utama terdiri dari nitrogen dan oksigen, keberadaan gas-gas lain seperti sulfur dioksida (SO_2), dan partikel-partikel pencemar dapat menyebabkan perubahan kualitas udara (Zafira dkk., 2022). Sulfur dioksida (SO_2) dikategorikan berbahaya bagi kesehatan karena efeknya dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, seperti hidung, tenggorokan, dan paru-paru. Paparan sulfur dioksida (SO_2) dengan kadar yang tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan pernapasan terutama bagi individu yang rentan, seperti penderita asma (Qolifah dkk., 2024).

Meskipun berbagai upaya pengurangan telah dilakukan, studi menunjukkan bahwa sulfur dioksida (SO_2) tetap menjadi salah satu polutan utama yang berdampak serius terhadap kesehatan, khususnya di negara-negara berkembang (Khalaf dkk., 2024). Kawasan industri di Indonesia telah terbukti berkontribusi signifikan terhadap kualitas udara yang buruk di lingkungan sekitarnya (Utari Sulistyandari, 2019). Kawasan Teluk Bayan menjadi salah satu pusat industri regional, berbagai komoditas industri seperti batubara, semen, pupuk, dan minyak sawit mentah (CPO) diproses dan dikirim dari pelabuhan ini, menjadikannya simpul aktivitas industri di wilayah Sumatera Barat (Mulatsih dkk., 2015).

Upaya memantau kualitas udara telah dilakukan oleh Nur Wahyu Rahmadhany (2024) melakukan penelitian pemantauan kadar gas sulfur dioksida (SO_2) serta suhu dan kelembapan udara pada ruangan berbasis ESP32. Kadar sulfur dioksida (SO_2) memiliki keterkaitan dengan beberapa faktor seperti suhu dan kelembapan udara. Suhu yang tinggi dapat mempercepat reaksi kimia di udara dan mempengaruhi laju polutan, sehingga kadar sulfur dioksida (SO_2) terukur menjadi lebih tinggi. Kelembapan yang relatif tinggi cenderung menurunkan kadar sulfur

dioksida (SO_2). Penelitian ini menggunakan sensor MQ-136 untuk melihat kadar gas sulfur dioksida (SO_2) dan DHT11 untuk mengukur suhu serta kelembapan didalam ruangan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sensor MQ-136 mampu mendeteksi kadar gas sulfur dioksida (SO_2) dengan baik, sedangkan sensor DHT11 menghasilkan pembacaan suhu dengan rata-rata *error* hanya 0,01% dan kelembapan dengan rata-rata *error* 0,05%, sehingga data yang diperoleh cukup presisi.

Aktivitas industri yang menghasilkan emisi gas berbahaya dapat dideteksi menggunakan sensor, namun keberadaan peneliti di lokasi industri dalam waktu lama berisiko membahayakan kesehatan. Telemetri menjadi solusi untuk melakukan pemantauan jarak jauh, karena mampu mengirimkan data secara real-time tanpa memerlukan kehadiran langsung di lokasi. Dengan kemampuannya mentransmisikan data dari jarak jauh, telemetri memungkinkan pengawasan pada area dengan tingkat polutan tinggi atau lokasi yang sulit dijangkau, sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara berkala dan aman. Saputro (2020) telah melakukan penelitian menggunakan telemetri untuk mendeteksi kadar gas sulfur dioksida (SO_2) dan karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dari aktivitas vulkanik. Penerapan sistem telemetri dalam penelitian ini telah menunjukkan efektivitasnya dalam mendukung eksplorasi kawasan berbahaya secara lebih aman dan efisien di kawasan Kawah Ijo. Sistem telemetri juga memiliki beberapa keterbatasan salah satunya adalah ketegantungan pada jaringan yang stabil.

Ikhsan dan Rival (2020) telah melakukan penelitian tentang sistem pemantauan kadar gas pada tambang batu bara berbasis IoT dan teknologi komunikasi LoRa RF96 yang memungkinkan *transfer* data secara jarak jauh. Sistem ini dirancang untuk memantau kadar gas CH_4 dan CO_2 di daerah pertambangan, menggunakan sensor gas jenis MQ-02 dan MQ-135. Sistem pemantauan kadar gas ini mengimplementasikan sistem IoT dengan alat komunikasi LoRa RF96, *transmitter* LoRa RF96 akan mengirimkan data dan *receiver* pada LoRa RF96 akan menerima data. Hasil menunjukkan bahwa teknologi komunikasi LoRa RF96 dapat mengirimkan data dengan baik dalam jarak kurang lebih 600 di area perkotaan, namun LoRa RF96 dapat mengirimkan data

hingga 1,6 km pada area terbuka. Penelitian ini memiliki beberapa kelemahan, seperti keterbatasan dalam pengujian di lapangan serta jangkauan komunikasi LoRa RF96 yang masih terbatas.

Pemantauan sistem secara jarak jauh, khususnya di lokasi yang sulit dijangkau dan jauh dari sumber listrik, memerlukan energi yang andal serta berkelanjutan. Panel surya menjadi salah satu solusi karena mampu mengubah energi matahari yang terbarukan menjadi energi listrik. Sistem pemantauan kualitas udara berbasis telemetri memerlukan suplai daya yang stabil agar seluruh perangkat, mulai dari sensor gas hingga modul komunikasi jarak jauh, dapat berfungsi optimal. Pada daerah industri atau wilayah dengan tingkat polutan tinggi yang sulit dijangkau, keterbatasan listrik konvensional sering menjadi kendala utama. Gunoto dkk. (2022) menunjukkan bahwa panel surya yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP8266 dan sensor arus-tegangan dapat menyediakan daya secara mandiri dengan akurasi pembacaan di atas 95%. Penelitian ini relevan untuk diadaptasi pada sistem pemantauan kualitas udara, sehingga perangkat dapat beroperasi secara berkelanjutan dan mengirimkan data secara real-time tanpa ketergantungan pada pasokan listrik PLN.

Berdasarkan beberapa permasalahan sebelumnya, penelitian ini dilakukan menggunakan sistem telemetri untuk pemantauan gas sulfur dioksida (SO_2), suhu, dan kelembapan guna mendukung pengawasan kualitas udara dan lingkungan di sekitar industri Teluk Bayur. Suhu dan kelembapan dipantau sebagai indikator pendukung, karena perubahan kadar SO_2 sering diiringi dengan suhu dan kelembapan di sekitar lokasi. Data masukan pada alat ini berupa gas SO_2 , suhu, dan kelembapan yang akan dideteksi oleh sensor. Data yang diinput kemudian diproses oleh Arduino Uno yang telah diprogram untuk mengolah informasi tersebut. Hasil pemrosesan data dikirimkan melalui *transmitter* menggunakan modul LoRa ke *receiver* untuk pengawasan jarak jauh. Sistem ini menggunakan bantuan energi dari panas matahari melalui panel surya yang terhubung ke baterai, sehingga dapat beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan alat pemantauan gas SO₂ menggunakan sensor MQ-136 yang dilengkapi sensor suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22, dengan transmisi data jarak jauh melalui modul LoRa E32 serta dukungan sumber daya panel surya sebagai energi terbarukan, sehingga sistem dapat beroperasi secara mandiri di lokasi terpencil tanpa ketergantungan pada jaringan listrik.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk menghasilkan alat pemantauan SO₂ yang dapat beroperasi mandiri di daerah yang jauh dari listrik. Komunikasi LoRa E32 memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan biaya rendah. Pemanfaatan panel surya membuat sistem ini lebih hemat energi, berkelanjutan, serta berpotensi diterapkan dalam pemantauan kualitas udara, baik di sektor industri maupun penelitian lingkungan.

1.4 Ruang lingkup dan Batasan Penelitian

Penelitian ini mencakup pemantauan gas alam dan kondisi lingkungan menggunakan sistem telemetri dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kadar gas alam adalah sensor MQ-136 dengan batasan pengukuran gas sulfur dioksida.
2. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan pada alam adalah sensor DHT22 dengan pengukuran kadar suhu dan kelembapan.
3. Modul *transmisi dan receiver* data yang digunakan adalah modul LoRa E32.
4. Informasi tentang kadar gas akan ditampilkan melalui LCD modul *receiver*.
5. Sistem ini menggunakan dua suplai energi yaitu matahari dari panel surya dan baterai. Panel surya menjadi sumber energi utama dan baterai sebagai sumber energi cadangan sekaligus sebagai penyimpanan energi berlebih dari serapan panel surya.
6. Arduino UNO sebagai mikrokontroler.
7. ESP 32 sebagai mikrokontroler.