

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam konteks global, kekhawatiran terhadap emisi gas rumah kaca yang timbul dari berbagai aktivitas sehari-hari, mulai dari transportasi umum hingga kegiatan industri termasuk pabrik dan pertambangan, telah menjadi perhatian utama (Mikhaylov dkk., 2020). Ini mendorong para pemangku kepentingan di seluruh dunia untuk melakukan pengurangan emisi bahkan penekanan total dalam jangka panjang. Indonesia telah turut serta dalam proyeksi tersebut dengan pemerintah menetapkan target penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 29% pada tahun 2030 dari upaya domestik, serta penurunan sebesar 41% melalui bantuan eksternal (Ditjen PPI KLHK, 2017). Sejalan dengan sasaran resmi penurunan emisi gas rumah kaca yang diumumkan oleh pemerintah Indonesia, sektor industri termasuk pertambangan diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan untuk mencapai tujuan tersebut (Ari Wibowo, 2013). Tekanan untuk mengurangi emisi ini tidak hanya berasal dari regulasi nasional tetapi juga dari komitmen global dalam melawan perubahan iklim (Malihah, 2022). Oleh karena itu, sektor pertambangan dituntut untuk mengadopsi pendekatan yang lebih efektif dalam pemantauan, manajemen, dan pelaporan emisi gas rumah kaca mereka (Pratama. MR dkk., 2023).

Dampaknya akan signifikan bagi industri pertambangan yang membantu secara substansial dalam emisi gas rumah kaca (Sekarini & Setiadi, 2022). Sistem pelaporan emisi gas rumah kaca di sektor pertambangan Indonesia saat ini menghadapi berbagai tantangan dalam penyusunannya (Arifiyanto & Sindu, 2020). Besarnya tantangan ini membuat sebagian industri pertambangan memiliki banyak tantangan dalam membuat laporan, sehingga di banyak lokasi pertambangan, data yang terkumpul tidak terintegrasi yang menyebabkan minimnya pengolahan dan analisis data untuk memprediksi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan, terutama dari emisi *Scope 1* yang mana mencakup berbagai emisi yang dihasilkan langsung dari pertambangan tersebut (Azadi dkk., 2020).

Situasi ini memang disayangkan, mengingat kemajuan teknologi saat ini menawarkan berbagai alat yang dapat membantu mengurangi biaya sistem

pelaporan, seperti sensor pendeteksi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh aktivitas pertambangan, seperti CO₂ dan CH₄ yang banyak dihasilkan dalam aktivitas tersebut (Adi Sucipto dkk., 2023). Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem yang mengintegrasikan fungsi-fungsi tersebut dalam satu platform yang dapat digunakan industri secara efisien, akurat, dan biaya yang terjangkau (Raza dkk., 2020).

Di lain sisi, proses saat ini di Indonesia sebagian besar masih mengandalkan pengumpulan data secara manual dan estimasi emisi menggunakan faktor emisi default atau pengukuran berbasis laboratorium, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam pelaporan yang tepat waktu (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM, 2017; *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional*, 2021).

Sistem ini diharapkan dapat menyelesaikan masalah keterlambatan pelaporan akibat pengumpulan dan pengolahan data emisi yang masih manual. Pengembangan difokuskan pada sistem akuisisi dan kalkulasi data emisi secara otomatis, yang kemudian diintegrasikan ke dalam sistem pelaporan yang telah tersedia, sehingga mendukung pengambilan keputusan oleh pemangku kepentingan dalam menanggulangi emisi gas rumah kaca di Indonesia.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan permasalahan untuk penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana cara merancang serta membangun sistem akuisisi data emisi Gas Rumah Kaca guna pelaporan emisi gas rumah kaca dalam lingkup *Scope 1* dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT)?
- b. Bagaimana cara mengintegrasikan data hasil akuisisi dan kalkulasi emisi ke dalam sistem pelaporan yang telah tersedia agar dapat digunakan untuk keperluan pelaporan berkala?

- c. Bagaimana memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan teknis dan dapat diuji fungsionalitasnya secara menyeluruh?

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Mengembangkan sistem akuisisi data berbasis IoT yang mampu mengambil, mengolah, dan menyimpan data emisi gas rumah kaca *Scope 1* secara otomatis dari sensor CO₂ dan CH₄.
- b. Menyediakan mekanisme integrasi antara data hasil kalkulasi emisi dan sistem pelaporan yang telah ada, sehingga mendukung proses pelaporan emisi secara otomatis dan terstruktur.
- c. Melakukan pengujian sistem melalui *functional testing* dan validasi pakar guna membuktikan bahwa sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan cakupan pengembangan.

I.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ruang lingkup masalah dibatasi pada beberapa aspek berikut:

- a. Penelitian ini hanya berfokus pada emisi gas rumah kaca yang termasuk dalam kategori *Scope 1*, yaitu emisi langsung yang dihasilkan dari kegiatan operasional di area pertambangan, seperti pembakaran bahan bakar fosil pada alat berat dan pelepasan gas dari proses ekstraksi.
- b. Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk mengintegrasikan proses pemantauan, pengumpulan, dan pelaporan emisi gas rumah kaca dalam satu platform. Sistem ini difokuskan pada penerapan teknologi sensor untuk mendeteksi gas CO₂ dan CH₄ secara *real-time*.
- c. Batasan teknologi yang digunakan mencakup pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) untuk pengumpulan data sensor serta pengolahan data secara otomatis dalam sistem berbasis cloud atau lokal.
- d. Implementasi dan pengujian sistem difokuskan pada sektor industri pertambangan di Indonesia, mengingat sektor ini memberikan kontribusi besar terhadap emisi gas rumah kaca nasional.

- e. Penelitian ini tidak membahas metode teknis untuk pengurangan emisi itu sendiri, seperti penerapan teknologi energi terbarukan atau perubahan proses produksi, melainkan hanya membahas aspek pemantauan, penghitungan, dan pelaporan emisi.
- f. Parameter yang menjadi fokus dalam sistem ini adalah konsentrasi dan estimasi kuantitatif emisi gas CO₂ dan CH₄ yang dilepaskan dari aktivitas operasional pertambangan.
- g. Sistem pelaporan yang dikembangkan dibatasi pada pengumpulan dan analisis data emisi dalam periode tertentu (misalnya harian atau bulanan), dan tidak mencakup proyeksi jangka panjang atau simulasi masa depan emisi.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini:

- a. Memberikan kontribusi dalam pengembangan keilmuan di bidang sistem informasi, khususnya dalam implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dan otomatisasi pelaporan berbasis data *real-time*, yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya terkait pelaporan emisi gas rumah kaca.
- b. Menyediakan solusi terintegrasi yang memudahkan instansi atau pelaku industri dalam melakukan pemantauan dan pelaporan emisi gas rumah kaca *Scope 1* secara otomatis dan terjadwal, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses pelaporan.
- c. Mendukung upaya pengendalian dan pengurangan emisi gas rumah kaca melalui sistem monitoring yang lebih responsif, yang pada gilirannya dapat membantu dalam pengambilan keputusan berbasis data untuk pengelolaan lingkungan yang lebih berkelanjutan.

I.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun secara sistematis agar memudahkan pembaca dalam memahami alur pemikiran penulis dari tahap perumusan masalah hingga penyusunan kesimpulan. Sistematika penulisan terbagi ke dalam enam bab utama sebagai berikut:

I.6.1 Bab I – Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup, metode penelitian, serta sistematika penulisan itu sendiri. Penulis memulai dengan pengamatan terhadap kebutuhan pelaporan emisi Gas Rumah Kaca (GRK), khususnya dalam lingkup *Scope 1* pada sektor pertambangan, dan menjabarkan bagaimana teknologi *Internet of Things* (IoT) dan pengolahan data otomatis dapat dijadikan solusi.

I.6.2 Bab II – Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi kajian teori dan referensi dari berbagai literatur ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Di dalamnya mencakup dasar-dasar emisi GRK, penerapan IoT dalam sistem monitoring, serta pendekatan pengembangan perangkat lunak yang digunakan, seperti metode *iterative incremental*. Kajian ini menjadi dasar acuan untuk merancang dan membangun sistem secara terstruktur dan ilmiah.

I.6.3 Bab III – Metodologi Penelitian

Pada bab ini, dijelaskan sistematika penyelesaian masalah secara rinci. Proses dimulai dari tahap identifikasi, yaitu dengan mengamati kebutuhan dan kondisi di lapangan, dilanjutkan dengan penetapan latar belakang, perumusan masalah, penentuan tujuan, studi literatur, hingga analisis kebutuhan sistem. Tahapan berikutnya adalah pengembangan sistem menggunakan pendekatan *iterative incremental* yang terdiri dari siklus perencanaan, desain, pengembangan, pengujian, dan evaluasi. Di akhir bab, dijelaskan pula batasan serta asumsi yang digunakan dalam penelitian ini untuk memastikan ruang lingkup tetap terarah dan fokus. Struktur ini membantu memastikan bahwa solusi yang dikembangkan benar-benar menjawab kebutuhan pengguna dan masalah yang diteliti.

I.6.4 Bab IV – Analisis dan Perancangan Sistem

Bab ini menguraikan hasil analisis proses bisnis serta desain sistem yang akan dikembangkan. Perancangan mencakup spesifikasi teknis, diagram-diagram kebutuhan, struktur *database*, dan arsitektur sistem. Bab ini menjadi penghubung antara kebutuhan sistem yang telah diidentifikasi dan proses implementasi teknis.

I.6.5 Bab V – Implementasi dan Pengujian Sistem

Bab ini menjelaskan proses implementasi sistem berdasarkan rancangan yang telah disusun pada bab sebelumnya. Disertakan pula pengujian sistem secara menyeluruh menggunakan metode *functional testing* dan validasi dari pakar. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan memenuhi fungsi yang diharapkan dan dapat digunakan secara nyata.

I.6.6 Bab VI – Kesimpulan dan Saran

Bab terakhir ini berisi rangkuman hasil penelitian, simpulan dari proses pengembangan dan pengujian, serta saran untuk pengembangan lebih lanjut. Di sini ditegaskan pula bahwa pendekatan iterative incremental terbukti mampu memberikan fleksibilitas dalam pengembangan sistem serta meningkatkan kepuasan pengguna melalui integrasi perbaikan di setiap iterasi.