

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar dan lahan terluas didunia menjadikan kelapa sawit sebagai komoditas ekspor unggulan Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan data dari badan pusat statistik Indonesia dimana produksi CPO mencapai 47,08 juta ton dan luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 16.833.985 ha. Dari total keseluruhan lahan tersebut kelapa sawit ditanam di berbagai jenis tanah, seperti tanah podsolik, latosol, hidromorfik kelabu, regosol, andosol, alluvial, dan gambut (Sunarko, 2007). Luas lahan gambut yang ditanami kelapa sawit sebesar 1,704,979 ha (Sabiham & Sukarman, 2012), merujuk pada direktorat jenderal perkebunan yang mendorong perluasan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit yang dimana pada data Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) mengatakan Indonesia memiliki lahan gambut dengan luasan mencapai 13.405.734 ha.

Lahan gambut adalah lapisan tanah dari akumulasi bahan organik dalam waktu yang lama. Lahan gambut memiliki peranan penting dalam ekosistem global, seperti menyimpan karbon, menjaga keseimbangan air, dan menjadi habitat bagi berbagai flora dan fauna. Lahan gambut tercipta dari tumpukan bahan organik yang tidak terdekomposisi sempurna ditandai dengan warna kecoklatan dengan komposisi lebih dari 50% karbon (Benung et al., 2020). Lahan ini termasuk lahan marginal karena memiliki ph rendah atau masam dan rentan terhadap gangguan. Kerusakan gambut terutama karena penebangan

pohon alih fungsi lahan, kebakaran, dan reklamasi. Sifat lahan gambut dari biofisik yakni terjadi subsidensi apabila di drainase, sifat tidak bisa pulih apabila mengering, mudah terbakar, pH rendah, miskin unsur hara (Suratman et al., 2019). Kebakaran lahan gambut tidak hanya menyebabkan kerugian ekonomi, tetapi juga dampak lingkungan yang serius, seperti emisi gas rumah kaca dalam jumlah besar, pencemaran udara yang mengancam kesehatan masyarakat, dan kerusakan ekosistem yang sulit dipulihkan (Arifin, 2015).

Salah satu faktor yang membuat lahan gambut mudah terbakar adalah subsidensi akibat pengeringan dimana hal ini dipicu oleh permukaan lahan gambut yang menurun akibat drainase atau oksidasi, air tanah juga cenderung turun. Hal ini membuat lapisan gambut yang biasanya jenuh air menjadi lebih kering. Faktor lainnya karena lahan gambut menghasilkan gas metana (CH_4). Gas metana ini dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen) yang dipengaruhi oleh suhu, kondisi hidrologi, ketersediaan dan kualitas gambut (Eni & Setyanto, 2016). Tingginya konsentrasi gas metana akan meningkatkan resiko kebakaran, hal ini dipicu juga akibat drainase dan musim kemarau di lingkungan gambut.

Selain menghasilkan gas metana (CH_4), kebakaran lahan gambut juga melepaskan karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah besar. Lahan gambut menyimpan sekitar 30% karbon tanah dunia meskipun hanya mencakup sekitar 3% dari luas daratan global (Saputra et al., 2019). Ketika terbakar, karbon yang tersimpan dalam gambut dilepaskan ke atmosfer dalam bentuk CO_2 , yang merupakan gas rumah kaca utama penyebab pemanasan global. Pelepasan CO_2

ini berkontribusi pada peningkatan suhu global, perubahan pola cuaca ekstrem, serta gangguan pada keseimbangan ekosistem. Selain itu, emisi karbon dari kebakaran gambut di Indonesia telah menjadi salah satu penyumbang utama polusi udara regional, yang berdampak pada kesehatan manusia dan kualitas lingkungan.

Kemarau memperparah situasi di lahan gambut karena hilangnya kelembapan alami yang seharusnya membantu mencegah terjadinya kebakaran (Kusuma et al., 2021a). Ketika lapisan gambut mengering, bahan organik yang ada di dalamnya menjadi sangat mudah terbakar terlebih lagi dengan sifat gambut yang kering tidak balik. Kebakaran lahan gambut pada musim kemarau sering kali sulit dikendalikan karena api dapat menyebar ke dalam lapisan gambut yang lebih dalam (Qamariyanti et al., 2023). Kebakaran ini dikenal sebagai kebakaran bawah tanah yang tidak terlihat di permukaan, tetapi terus membakar lapisan organik di bawah tanah. Akibatnya, kebakaran ini menghasilkan asap tebal dan emisi karbon yang sangat tinggi, yang berdampak buruk pada kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk deteksi dini kebakaran lahan gambut yang inovatif guna mencegah dan mengurangi risiko kebakaran seperti *Internet of Things* (IoT), terutama di lahan gambut yang sensitif.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan potensi besar dalam mendukung upaya pencegahan kebakaran di lahan gambut. Dengan memanfaatkan sensor untuk memantau parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan tanah, kadar gas metana, dan gas berbahaya lainnya, sistem

berbasis IoT dapat memberikan peringatan dini sebelum kebakaran terjadi. Sistem ini juga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat, sehingga meminimalkan dampak kebakaran.

Pengembangan sistem peringatan dini kebakaran berbasis IoT untuk perkebunan kelapa sawit di lahan gambut memiliki urgensi yang tinggi, mengingat tingginya tingkat kerugian yang diakibatkan oleh kebakaran. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai upaya proaktif dalam melindungi lingkungan dan mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit di Indonesia.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka perumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem peringatan dini berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi potensi kebakaran pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut?
2. Seberapa efektif sistem peringatan dini berbasis IoT dalam mendeteksi potensi kebakaran dan memberikan respon cepat untuk mitigasi risiko?
3. Berapa besaran konsentrasi CO₂ yang terlepas ke atmosfer akibat kebakaran lahan gambut?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat sistem peringatan dini berbasis IoT untuk mendeteksi potensi kebakaran dilahan gambut dan implementasinya.
2. Mengetahui efektivitas alat sebagai alarm potensi kebakaran pada lahan gambut.
3. Mengetahui perubahan konsentrasi CO₂ yang terlepas ke atmosfer karena kebakaran lahan gambut.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi penulis dan akademisi: menambah wawasan dan referensi ilmiah mengenai strategi pengelolaan lahan gambut berbasis teknologi untuk mitigasi kebakaran. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode pemantauan lingkungan di lahan pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT). Menjadi bahan rujukan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengelolaan lahan gambut dan teknologi deteksi dini kebakaran.
2. Bagi petani dan lingkungan: memberikan rekomendasi teknis dalam mengelola kelembapan lahan gambut guna mengurangi risiko kebakaran di perkebunan kelapa sawit. Menguji efektivitas penerapan sensor IoT sebagai alat peringatan dini yang dapat membantu petani dan pemilik lahan dalam pengambilan keputusan pengelolaan lahan. Membantu mengurangi dampak negatif kebakaran lahan gambut terhadap lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara. Mendukung upaya konservasi lahan

gambut melalui penerapan metode pengelolaan berbasis teknologi. Meningkatkan kesadaran akan pentingnya pemantauan lingkungan secara berkelanjutan dalam menjaga keseimbangan ekosistem lahan gambut.