

Tanah longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama pada wilayah berlereng dan beriklim basah. Sistem peringatan dini yang akurat dan andal sangat dibutuhkan untuk meminimalkan risiko korban jiwa dan kerugian materi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan purwarupa sistem pemantauan parameter tanah berbasis *internet of things (IoT)* yang mengintegrasikan sensor kelembapan tanah GS3, protokol komunikasi SDI-12, mikrokontroler ESP32, dan protokol MQTT. Sistem ini dirancang untuk mengatasi kelemahan sistem sebelumnya, seperti penggunaan sensor nonstandar yang belum terkalibrasi, mikrokontroler yang kurang efisien, serta protokol komunikasi yang membutuhkan *bandwidth* besar dan kurang cocok untuk daerah dengan infrastruktur terbatas. Mengingat karakteristik tanah sangat bervariasi tergantung pada jenisnya, purwarupa ini akan diuji pada dua jenis tanah yang berbeda (andosol dan lempung) untuk melihat kemampuan sistem dalam membedakan respons hidrologi masing-masing tanah.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Desain penelitian terdiri dari dua tahap utama: karakterisasi sifat fisika dua jenis tanah (andosol dan lempung) berupa kadar air volumetrik (VWC), konduktivitas listrik (EC), dan suhu pada berbagai kondisi, serta pengujian kinerja sistem alat monitoring yang dirancang. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk mengevaluasi respons hidrologi tanah serta keandalan sistem dalam membaca dan mengirim data.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa purwarupa sistem telah berhasil dibangun dan berfungsi sesuai desain. Sistem mampu membaca tiga parameter tanah melalui sensor GS3 dan mengirimkannya ke ESP32 melalui protokol SDI-12. Data kemudian diteruskan ke *broker* MQTT dan ditampilkan pada *dashboard* secara *real-time* dengan persentase keberhasilan pengiriman yang tinggi. Notifikasi peringatan melalui Bot Telegram juga berhasil dikirim saat nilai VWC melebihi ambang batas yang ditetapkan. Pengujian pada dua jenis tanah menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan respons hidrologi masing-masing tanah, yang mengonfirmasi kepekaan dan akurasi sistem. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menjawab tantangan akurasi, efisiensi biaya, dan komunikasi data dalam konteks sistem peringatan dini tanah longsor berbasis *IoT*.

Kata Kunci: Sistem Pemantauan, Kadar Air Volumetrik, Protokol SDI-12, Karakteristik Hidrologi Tanah, Internet untuk Segala.

Landslides are a frequent natural disaster in Indonesia, particularly in sloping areas with wet climates. An accurate and reliable early warning system is essential to minimize the risk of casualties and material losses. This research aims to develop a prototype soil parameter monitoring system based on the internet of things (IoT), integrating the GS3 soil moisture sensor, SDI-12 communication protocol, ESP32 microcontroller, and MQTT protocol. The system is designed to overcome the weaknesses of previous systems, such as the use of uncalibrated non-standard sensors, less efficient microcontrollers, and communication protocols that require large bandwidth, which are less suitable for areas with limited infrastructure. Given that soil characteristics vary significantly depending on type, this prototype will be tested on two different soil types (andosol and clay) to evaluate the system's ability to differentiate the hydrological response of each soil.

This research uses a laboratory experimental method with a quantitative approach. The research design consists of two main stages: characterization of the physical properties of two soil types (andosol and clay) in the form of volumetric water content (VWC), electrical conductivity (EC), and temperature under various conditions, as well as performance testing of the designed monitoring system. The obtained data were analyzed descriptively and comparatively to evaluate the soil hydrological response and the system's reliability in reading and transmitting data.

The results show that the system prototype was successfully built and functions according to design. The system can read three soil parameters through the GS3 sensor and send them to the ESP32 via the SDI-12 protocol. The data is then forwarded to an MQTT broker and displayed on a dashboard in real-time with a high transmission success rate. Warning notifications via a Telegram Bot were also successfully sent when the VWC exceeded the predetermined threshold. Testing on two soil types demonstrated that the system can differentiate the hydrological responses of each soil, confirming the system's sensitivity and accuracy. Thus, this research successfully addresses the challenges of accuracy, cost efficiency, and data communication in the context of an IoT-based landslide early warning system.

Keywords : *Monitoring System, Volumetric Water Content, SDI-12 Protocol, Soil Hydrological Characteristics, Internet of Things.*