



RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI PERGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN MODUL NODEMCU DENGAN MIKROKONTROLER BERBASIS INTERNET OF THING

Asep Danu^{1*}, Yohanes Anton Nugroho²

^{1,2}Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta

Corresponden Email : danubarata76@gmail.com¹

Abstract

This study discusses the design of a prototype landslide movement detector, to reduce or minimize the impact caused by landslides, especially in the district of Kulon Progo, Samigaluh district, Sidoharjo village. To make the design and implementation of the technology of the system of detection and early warning of disasters of land movement in real time. Through the VDI 2221 method, the study aims to create an effective tool in minimizing the impact of landslides and this innovative tool is expected to increase citizens' productivity. Based on the results of the research, the prototype process using soil moisture sensor, vibration sensor, and ESP32 cam is used as a sensor/reader module when there is a movement of the soil slide like the presence of indication of soil humidity the more moist with marked numbers confirmed through the telegram the smaller in the area where the device is used. All integrated sensors/modules use NodeMCU ESP8266 as a microcontroller that manages all inputs from the sensor/module output that generates information output and converts them into information outputs via a telegram, but before that happens, it must be ensured that the device is already configured with wifi or Internet network in operation. The tool is expected to function as desired and make a positive contribution to the people around it.

Keywords: Slide ground, NodeMCU ESP8266, Internet of Things, Prototy

Abstrak

Penelitian ini membahas perancangan sebuah Prototype pendeteksi pergerakan tanah longsor, untuk mengurangi atau meminimalisir dampak yang ditimbulkan akibat bencana tanah longsor, khususnya di daerah Kabupaten Kulon Progo, Kecamatan Samigaluh, Desa Sidoharjo. Untuk membuat perancangan dan implementasi pemanfaatan teknologi sistem pendeteksi dan peringatan dini bencana pergerakan tanah secara realtime. Melalui metode VDI 2221, penelitian ini bertujuan menciptakan alat yang efektif dalam meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari bencana tanah longsor dan alat inovatif ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas warga. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, proses prototype menggunakan sensor kelembaban tanah, sensor getar, dan ESP32 cam di gunakan sebagai sensor/modul pembaca ketika terjadi pergerakan tanah longsor seperti adanya indikasi kelembaban tanah semakin lembab dengan ditandai angka yang dikirimkan melalui telegram semakin kecil pada area lokasi alat digunakan. semua sensor/modul terintegrasi menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang mengelola semua inputan dari hasil sensor/modul yang menghasilkan output berupa informasi dan mengubahnya menjadi output berupa informasi melalui telegram, namun sebelum itu semua terjadi harus dipastikan bahwa alat sudah terkonfigurasi dengan wifi atau jaringan internet dalam pengoperasiannya. Alat ini diharapkan dapat berfungsi sesuai yang diinginkan dan memberikan kontribusi positif pada warga sekitar.

Kata Kunci: Tanah longsor, NodeMCU ESP8266, Internet of Things, Prototype

PENDAHULUAN

Pergerakan tanah longsor adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama di daerah Kabupaten Kulonprogo, yang terletak di kawasan perbukitan Menoreh. Secara geografis, daerah ini berada di pegunungan dengan lereng yang curam, yang menyebabkan tanah menjadi tidak stabil. Bencana tanah longsor ini sering kali mengakibatkan kerusakan yang signifikan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung dari longsor meliputi kerusakan pada fasilitas umum seperti jalan raya, jembatan, dan bangunan publik lainnya. Selain itu, lahan pertanian yang menjadi sumber utama mata pencaharian penduduk sering kali rusak parah, menghambat produksi pertanian dan mengancam ketahanan pangan lokal. Aktivitas sehari-hari masyarakat juga terganggu, karena aksesibilitas menjadi terbatas dan kehidupan sehari-hari menjadi lebih sulit.

Selain dampak fisik, bencana tanah longsor juga berdampak secara ekonomi dan sosial. Ekonomi lokal dapat terpukul akibat biaya pemulihan dan rehabilitasi yang tinggi, serta hilangnya produktivitas ekonomi selama periode pemulihan. Secara sosial, masyarakat yang terdampak sering kali mengalami kehilangan tempat tinggal, dan dalam beberapa kasus, korban jiwa. Untuk mengurangi risiko dan dampak bencana tanah longsor, diperlukan upaya mitigasi yang komprehensif, termasuk peningkatan sistem peringatan dini, pemetaan risiko bencana secara detail, pengelolaan tata ruang yang berkelanjutan, serta edukasi masyarakat tentang praktik-praktik aman dalam lingkungan dengan risiko longsor tinggi. Langkah-langkah ini penting untuk meningkatkan ketahanan komunitas terhadap bencana alam yang terus meningkat di daerah seperti Kabupaten Kulonprogo.

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) D.I Yogyakarta pada tahun 2023, Kabupaten Kulonprogo menjadi wilayah dengan Tingkat bencana pergerakan tanah jumlah 454 kali, Dari data kejadian kebencanaan dan dampak yang terjadi di Kabupaten Kulonprogo dapat dijadikan evaluasi untuk penyusunan kebijakan penanggulangan bencana di masa yang akan datang sehingga dampak dari bencana alam tersebut dapat dikurangi dan produktivitas warga dalam sektor pertanian pada lahan rawan longsor dapat terus ditingkatkan.

Tempat yang akan dijadikan penelitian yaitu Desa Sidoharjo, Kec. Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, yang terdiri dari 1684 Kepala Keluarga dan total keseluruhan penduduk sebanyak 5288 jiwa, Serta terletak secara geografis yang berbatasan langsung dengan sebelah utara Kecamatan Borobudur, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Kalibawang, dan memiliki medan berupa perbukitan lahan tegalan persawahan atau pertanian terasering dan pekarangan dengan luas wilayah 1.352,6760 Ha. Dengan pembagian 492.000 Ha lahan pertanian, dan 620 Ha adalah lahan peternakan yang tergabung dilahan pertanian, kemudian sisanya ialah lahan pekarangan rumah warga, Perkebunan, serta beberapa tempat penampungan air yang digunakan untuk mengaliri air warga sekitar.

Bencana tanah longsor adalah salah satu bencana alam yang memakan banyak korban jiwa dan material di Indonesia. Tanah longsor disebabkan oleh beberapa faktor seperti pergeseran tanah, kelembapan tanah, dan getaran dengan magnitudo tertentu. Karena sulitnya memprediksi tanah

longsor, sangat penting untuk mengembangkan alat deteksi dini guna memperingatkan potensi bahaya tersebut.

Salah satu solusi yang diusulkan adalah penggunaan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan berbagai sensor. Sistem ini dapat mengukur parameter seperti pergeseran tanah, kelembapan tanah, dan getaran untuk mengidentifikasi kondisi yang berpotensi menyebabkan tanah longsor. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mujahid (2020), teknologi ini dapat membantu dalam memberikan peringatan dini sehingga memungkinkan waktu yang lebih baik untuk evakuasi dan mitigasi. Upaya mitigasi lainnya mencakup sistem peringatan dini bencana tanah longsor yang dapat menyampaikan informasi mengenai status bahaya tanah longsor. Surdajat (2021) menekankan pentingnya pengembangan sistem early warning ini untuk meminimalisir dampak bencana, termasuk korban jiwa dan kerugian material yang signifikan.

Selain itu, metode pendeteksian fisik seperti menggunakan sensor pergeseran tanah seperti potensiometer dan LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) berbiaya rendah juga dikaji oleh Defan (2021). Penggunaan teknologi ini membantu dalam mendeteksi perubahan fisik pada lereng secara akurat, yang dapat menjadi indikator awal potensi terjadinya tanah longsor. Secara keseluruhan, pengembangan teknologi deteksi dini berbasis IoT dan sistem peringatan dini merupakan langkah-langkah yang sangat penting dalam mitigasi bencana tanah longsor di Indonesia. Dengan menggunakan pendekatan ini, diharapkan dapat mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh bencana alam yang sering terjadi di wilayah-wilayah dengan topografi yang rentan seperti Indonesia.

Dalam lima tahun terakhir, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, telah mengalami peningkatan frekuensi bencana tanah longsor yang signifikan. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kulon Progo, tercatat sebanyak 45 kejadian tanah longsor dari tahun 2018 hingga 2023. Pada tahun 2018, terjadi 8 kejadian tanah longsor, meningkat menjadi 10 kejadian pada tahun 2019. Pada tahun 2020, jumlah kejadian sedikit menurun menjadi 9, namun kembali meningkat pada tahun 2021 dengan 12 kejadian, dan pada tahun 2022 tercatat sebanyak 6 kejadian. Adapun pada tahun 2023 hingga pertengahan tahun, sudah terjadi 10 kejadian tanah longsor. Faktor-faktor penyebab tanah longsor di Kulon Progo meliputi curah hujan yang tinggi, kondisi geologis yang rentan, dan perubahan penggunaan lahan. Data ini menunjukkan pentingnya langkah mitigasi dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap risiko bencana tanah longsor di wilayah tersebut.

Berkembangnya teknologi saat ini mempengaruhi berbagai sektor, termasuk dalam perancangan dan rekayasa bangunan atau produk. Desain produk merupakan langkah awal yang krusial dalam proses rekayasa, di mana ide-ide dikembangkan menjadi produk yang dapat digunakan secara efektif. Namun, untuk menciptakan desain yang baik, ada beberapa hal penting yang harus dipertimbangkan agar produk yang dihasilkan memiliki nilai guna dan dapat dipertanggungjawabkan kegunaannya. Salah satu aspek utama dalam desain produk adalah metode yang digunakan. Metode ini harus

memungkinkan para perancang untuk mempertimbangkan berbagai faktor penting seperti kenyamanan, kepraktisan, keselamatan, kemudahan penggunaan, pemeliharaan, dan perbaikan. Selain itu, desain juga harus mempertimbangkan aspek kelayakan, kehandalan, spesifikasi material, dan struktur penggunaan atau sistem tenaga sesuai dengan fungsi produknya.

Sebagai respons terhadap kompleksitas ini, para insinyur di Jerman mengembangkan metode perancangan produk yang dikenal sebagai metode VDI 2221. Metode ini adalah pendekatan sistematis terhadap desain untuk sistem teknik dan produk teknik. Dikembangkan oleh G. Pahl dan W. Beitz dari Verein Deutscher Ingenieure (VDI), metode ini bertujuan untuk memudahkan insinyur dalam menguasai sistematika perancangan tanpa harus mempelajari detail yang terlalu mendalam. Metode VDI 2221 menawarkan pendekatan yang terstruktur dan komprehensif dalam mengembangkan desain produk. Hal ini mencakup proses mulai dari identifikasi kebutuhan pengguna, analisis fungsi, pemilihan konsep, perancangan detail, hingga evaluasi dan verifikasi desain. Dengan menggunakan pendekatan ini, insinyur dapat memastikan bahwa setiap tahapan dalam pengembangan produk telah dipertimbangkan secara menyeluruh, sehingga hasil akhirnya dapat memenuhi standar kualitas dan keamanan yang diharapkan.

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti menggunakan data yang diambil dari warga dan perangkat desa sekitar lokasi yang dijadikan tempat penelitian dengan metode wawancara. Dari hasil wawancara tersebut dihasilkan data terkait lokasi rawan tanah longsor di lahan pertanian dan peternakan yang menjadi sumber utama perekonomian warga sekitar, sumber penampungan air bersih milik, area wisata serta beberapa fasilitas publik yang ada disekitaran area tersebut dan apabila area tersebut terjadi longsor maka seluruh kegiatan perekonomian mereka dapat terhambat dan akan sangat merugikan warga sekitar area tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Perancangan adalah proses yang bertujuan menggunakan informasi yang tersedia untuk menganalisis, mengevaluasi, memperbaiki, dan mengembangkan sistem fisik dan non-fisik secara optimal untuk masa depan. Dalam metode konstruksi, perancangan alat mengikuti langkah-langkah yang spesifik. Perancangan teknik berfokus pada kegiatan yang bertujuan memenuhi kebutuhan manusia, terutama yang dapat diterima oleh teknologi peradaban. Merancang produk berarti mengembangkan ide-ide yang diperlukan untuk memecahkan masalah tertentu. Dengan metode VDI 2221, tiga aspek utama (praktis, estetika, dan ergonomis) dipertimbangkan dalam pembuatan prototipe alat pendeteksi pergerakan tanah longsor berbasis IoT.

Kata "prototype" berasal dari bahasa Inggris yang berarti purwa rupa. Prototipe alat pendeteksi tanah longsor berbasis IoT adalah sebuah purwa rupa alat yang dirancang untuk mengurangi atau mencegah kerugian akibat bencana tanah longsor. Alat ini beroperasi dengan cara sederhana, menggunakan jaringan internet yang terintegrasi dengan modul mikrokontroler. Modul ini mengatur sensor-sensor tertentu seperti sensor kelembaban tanah (soil moisture sensor), sensor getar

(accelerometer sensor), dan modul ESP32-Cam (kamera untuk menampilkan gambar di area sekitar). Fungsi utama dari prototipe alat pendeteksi tanah longsor ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pergerakan tanah dan kelembaban tanah yang dapat memicu tanah longsor kepada admin atau orang yang diberi akses ke alat tersebut, sehingga hanya pihak-pihak yang memiliki izin dan wewenang yang dapat mengaksesnya. Dengan adanya purwa rupa ini, diharapkan kerugian akibat bencana tanah longsor dapat diminimalisir.

Metode perancangan VDI 2221 digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan bahan baku serta proses produksinya. Metode ini meliputi beberapa tahap perancangan, di antaranya daftar kehendak, perancangan konsep, perancangan wujud, dan perancangan terinci.

Node MCU ESP8266

NodeMCU adalah platform IoT open source serta kit pengembangan yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam membuat prototipe produk IoT. Platform ini mendukung bahasa pemrograman Lua dan juga memungkinkan penggunaan sketch dari Arduino IDE, memberikan fleksibilitas lebih dalam proses pengembangan. Kit pengembangan ini didasarkan pada modul ESP8266, yang merupakan mikrokontroler yang sangat kuat dan serbaguna. Modul ini mengintegrasikan berbagai fitur penting seperti GPIO (General Purpose Input/Output), PWM (Pulse Width Modulation) yang memungkinkan pengaturan sinyal output, I2C (Inter-Integrated Circuit) untuk komunikasi antar perangkat, 1-Wire yang digunakan untuk komunikasi dengan perangkat satu kawat, dan ADC (Analog to Digital Converter) yang mengubah sinyal analog menjadi digital. Semua fitur ini dikemas dalam satu papan, menjadikan NodeMCU pilihan yang sangat efisien dan serbaguna untuk pengembangan proyek IoT.



Gambar 1 Modul NodeMCU ESP8266

Sensor Accelerometer

Accelerometer adalah sebuah sensor yang memiliki fungsi yang sangat luas dalam pengukuran dan deteksi berbagai parameter fisik. Sensor ini utamanya digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, serta mengukur percepatan gravitasi bumi. Selain itu, accelerometer juga dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan posisi suatu perangkat, serta menghitung nilai perubahannya. Prinsip kerja dari accelerometer didasarkan pada deteksi gaya yang

dirasakan oleh sensor tersebut, yang mengakibatkan perubahan tegangan dan kapasitansi dalam sistem Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS).

MEMS dalam accelerometer terdiri dari dua lempeng silikon yang mengapit sebuah lempeng polisilikon yang dapat bergetar. Getaran ini mengubah nilai kapasitansi sensor, yang kemudian diukur untuk menentukan besar percepatan yang diterima oleh sensor. Sensor accelerometer mampu mendeteksi percepatan pada tiga sumbu utama: sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Percepatan ini diukur dalam satuan International System (SI) seperti meter per detik kuadrat (m/s^2). Untuk mengukur percepatan gravitasi bumi, yang umumnya dinyatakan dalam satuan g-force (G), digunakan nilai 1G yang setara dengan $9,8 \text{ m/s}^2$.

Dengan kemampuannya yang luas dalam pengukuran dan deteksi, accelerometer menjadi salah satu komponen kunci dalam berbagai aplikasi teknologi modern, termasuk dalam industri otomotif, penerbangan, telekomunikasi, dan tentu saja dalam pengembangan perangkat IoT (Internet of Things) yang semakin berkembang pesat saat ini. Sensor MPU6050 memiliki berbagai fitur unggulan yang mendukung fungsionalitas accelerometer. Fitur pertama adalah adanya output digital untuk accelerometer tiga sumbu yang dapat diprogram sepenuhnya, dengan pilihan rentang skala yang beragam, yaitu $\pm 2\text{g}$, $\pm 4\text{g}$, $\pm 8\text{g}$, dan $\pm 16\text{g}$. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan pengaturan sesuai dengan kebutuhan aplikasi spesifik mereka. Selanjutnya, sensor ini dilengkapi dengan ADC 16-bit beresolusi tinggi yang terintegrasi, sehingga mampu melakukan pengambilan sampel secara simultan pada ketiga sumbu accelerometer tanpa memerlukan multiplexer eksternal. Keunggulan ini memberikan kemudahan dan efisiensi dalam proses pengambilan data.

Dalam kondisi pengoperasian normal, accelerometer menggunakan arus sebesar $500\mu\text{A}$, menjadikannya cukup hemat energi untuk berbagai aplikasi. Selain itu, terdapat juga mode daya rendah dengan konsumsi arus yang sangat rendah, yaitu $10\mu\text{A}$ pada frekuensi 1.25Hz , $20\mu\text{A}$ pada 5Hz , $60\mu\text{A}$ pada 20Hz , dan $110\mu\text{A}$ pada 40Hz . Fitur ini sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan penghematan energi ekstra. Sensor ini juga mampu mendeteksi orientasi dan sinyal, memberikan kemampuan tambahan untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan informasi mengenai posisi atau perubahan posisi perangkat. Deteksi ketukan juga merupakan fitur yang disediakan oleh MPU6050, memungkinkan sensor untuk mendeteksi kejadian ketukan atau benturan.

Interupsi yang dapat diprogram oleh pengguna memberikan fleksibilitas dalam pengaturan dan respons sensor terhadap berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, terdapat juga fitur interupsi High-G yang berguna untuk mendeteksi kejadian percepatan tinggi. Terakhir, sensor ini dilengkapi dengan fitur self-test yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pengujian terhadap kinerja sensor secara internal, memastikan sensor berfungsi dengan baik sebelum digunakan dalam aplikasi sebenarnya. Semua fitur ini menjadikan sensor MPU6050 sebagai pilihan yang andal dan serbaguna untuk berbagai aplikasi yang memerlukan deteksi percepatan dan orientasi.

Internet Of Things

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah paradigma dan konsep yang menghadirkan kehadiran yang luas dari berbagai objek atau perangkat yang dapat saling berinteraksi dan bekerja sama untuk menciptakan layanan baru guna mencapai tujuan tertentu. IoT menghubungkan perangkat-perangkat ini melalui jaringan, memungkinkan pertukaran data dan kontrol yang lebih efisien dan efektif.

Teknologi pendukung utama dalam implementasi IoT meliputi sensor network, RFID (Radio Frequency Identification), M2M (*Machine-to-Machine communication*), mobile internet, IPv6 (Internet Protocol version 6), integrasi data semantik, dan pencarian semantik. Teknologi-teknologi ini dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama yang mendukung berbagai aspek dari implementasi IoT:

1. Teknologi untuk memperoleh informasi kontekstual: Termasuk di dalamnya penggunaan sensor network dan RFID yang memungkinkan "sesuatu" (things) untuk mengumpulkan data secara real-time tentang lingkungan sekitarnya. Informasi ini meliputi lokasi, kondisi lingkungan, dan parameter lain yang relevan.
2. Teknologi untuk memproses informasi kontekstual: Meliputi kemampuan "sesuatu" (things) untuk memproses data yang diperoleh dari lingkungannya. Hal ini termasuk analisis data secara lokal di perangkat, pengambilan keputusan otomatis berdasarkan data yang terkumpul, dan penggunaan teknik-teknik seperti machine learning untuk meningkatkan kecerdasan perangkat.
3. Teknologi untuk meningkatkan keamanan dan privasi sebagai aspek kritis dalam IoT, teknologi ini mencakup perlindungan data yang dikirimkan antar perangkat, enkripsi data, autentikasi pengguna, dan manajemen akses yang aman. Dengan adopsi IPv6, IoT juga dapat menawarkan alamat IP yang cukup untuk setiap perangkat, memungkinkan pengamanan yang lebih kuat dan manajemen jaringan yang lebih efisien.

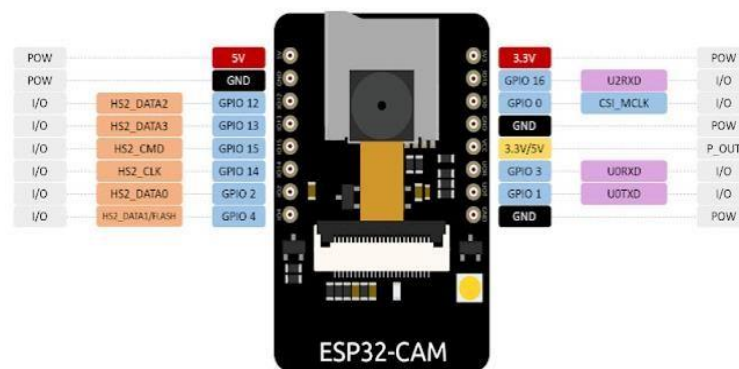
Dengan integrasi teknologi-teknologi ini, IoT tidak hanya mengubah cara kita berinteraksi dengan teknologi sehari-hari, tetapi juga memungkinkan terciptanya solusi-solusi inovatif dalam berbagai bidang seperti smart city, smart healthcare, smart agriculture, dan banyak lagi. Dengan potensi yang luas ini, pengembangan dan implementasi IoT terus menjadi fokus utama dalam revolusi digital global saat ini.

Sensor ESP32 CAM

ESP32 CAM merupakan sebuah papan pengembangan yang didasarkan pada modul ESP32 yang dilengkapi dengan modul kamera. Papan pengembangan ini menawarkan berbagai fasilitas yang meliputi Bluetooth, WiFi, kamera, dan slot kartu microSD. Perbedaan utama ESP32 CAM dengan produk ESP sebelumnya terletak pada jumlah pin I/O yang tersedia, dimana ESP32 CAM hanya menyediakan akses ke 10 pin GPIO. Pin-pin lainnya pada ESP32 CAM telah dialokasikan secara

internal untuk mendukung fungsi kamera dan slot kartu microSD. Secara khusus, ESP32 CAM tidak dilengkapi dengan port microUSB seperti halnya produk ESP lainnya, sehingga memerlukan adaptor FTDI eksternal untuk koneksi dengan komputer. Adaptor FTDI ini berperan sebagai port yang memfasilitasi penghubungan antara modul ESP32 CAM dengan komputer atau perangkat lainnya untuk keperluan pemrograman dan transfer data.

Salah satu fitur unggulan dari ESP32 CAM adalah kemampuan kameranya. Sensor kamera yang digunakan pada modul ini adalah OV2640. Chip sensor OV2640 memiliki kemampuan untuk melakukan deteksi objek serta pengenalan wajah, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan kemampuan penglihatan komputer. Dengan kombinasi fitur-fitur yang ditawarkan, ESP32 CAM menjadi pilihan yang menarik untuk proyek-proyek pengembangan yang membutuhkan integrasi antara kemampuan komputasi, konektivitas nirkabel, dan fungsionalitas kamera dalam satu platform kompak dan mudah diimplementasikan.



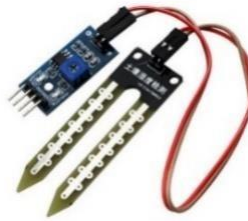
Gambar 2 Sensor Accelerometer

Sensor Soil Moisture

Soil moisture sensor FC-28 adalah sebuah perangkat sensor kelembaban yang dirancang untuk mendeteksi kadar air dalam tanah dengan cara yang sederhana namun efektif. Sensor ini sangat berguna dalam pemantauan kelembaban tanah di berbagai aplikasi, seperti taman kota atau kebun pribadi, untuk memastikan tanaman mendapatkan air yang cukup. Sensor ini bekerja dengan prinsip pengukuran resistansi tanah. Terdiri dari dua probe yang dimasukkan ke dalam tanah, sensor ini mengukur resistansi tanah untuk menentukan tingkat kelembaban. Saat tanah lebih basah, kemampuannya untuk menghantarkan listrik meningkat, menghasilkan resistansi yang lebih rendah. Sebaliknya, tanah yang lebih kering akan memiliki resistansi yang lebih tinggi karena kemampuannya yang terbatas untuk menghantarkan listrik.

Soil moisture sensor FC-28 memiliki spesifikasi yang mendukung fleksibilitas dalam penggunaannya. Dapat dioperasikan dengan tegangan input 3.3V atau 5V, sensor ini mengeluarkan tegangan output yang berkisar antara 0 hingga 4.2V, dengan arus operasional sekitar 35 mA. Sensor ini juga dilengkapi dengan rentang nilai ADC (Analog to Digital Converter) sebesar 1024 bit, yang memberikan presisi dalam mengukur dan memantau kelembaban tanah dalam rentang 0 hingga 1023 bit. Dengan fitur-fitur yang dimilikinya, Soil moisture sensor FC-28 menjadi pilihan yang ideal untuk

integrasi dalam sistem otomatisasi pertanian atau monitoring lingkungan. Kemampuannya untuk memberikan informasi secara real-time tentang kondisi kelembaban tanah memungkinkan pengguna untuk mengambil tindakan yang tepat waktu dalam memelihara tanaman dan mengoptimalkan pertumbuhannya.



Gambar 2.2. 3 Sensor Soil Moisture

Metode VDi 2221

Berkembangnya teknologi saat ini membawa dampak positif di berbagai sektor, termasuk dalam perancangan dan rekayasa bangunan atau produk. Desain produk menjadi elemen krusial dalam proses rekayasa ini karena melibatkan pengembangan ide menjadi sebuah obyek yang memiliki nilai dan dapat dipertanggungjawabkan dalam penggunaannya. Dalam proses mendesain produk, perlu memperhatikan berbagai aspek seperti metode yang digunakan, sehingga produk yang dihasilkan tidak hanya estetik tetapi juga memiliki nilai guna yang optimal. Sebuah desain yang baik harus mempertimbangkan aspek-aspek seperti kenyamanan, kepraktisan, keselamatan/keamanan, kemudahan dalam penggunaan, pemeliharaan, dan perbaikan. Selain itu, dari segi fungsionalitasnya, desain juga harus mempertimbangkan kelayakan, kehandalan, spesifikasi material, dan struktur penggunaan atau sistem tenaga yang digunakan.

Para insinyur Jerman telah mengembangkan metode perancangan produk yang terstruktur dengan nama VDI 2221, yang merupakan pendekatan sistematis terhadap desain untuk sistem teknik dan produk teknik. Metode ini dikembangkan oleh G. Pahl dan W. Beitz dari Verein Deutscher Ingenieure (VDI), yang bertujuan untuk menyederhanakan proses perancangan bagi insinyur tanpa harus memerlukan pemahaman teknis yang mendalam. Mendesain sebuah produk berarti mengembangkan ide-ide untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu. Dengan menggunakan metode VDI 2221, setidaknya ada tiga aspek utama yang dipertimbangkan dalam pembuatan mesin, yaitu realistis, estetika, dan ergonomi. Sebagai contoh, dalam pembuatan mesin pengaduk makanan hewan yang bertujuan untuk membantu petani kopi dalam mengupas kulit kopi dari hasil kebun mereka, penggunaan metode perancangan VDI 2221 sangat penting untuk menyelesaikan permasalahan dengan efektif.

Metode VDI 2221 tidak hanya membantu dalam menyusun daftar kebutuhan dan merancang konsep, tetapi juga dalam menghasilkan desain yang detail dan terinci untuk proses produksi. Hal ini membantu mengoptimalkan penggunaan bahan baku dan teknologi yang tersedia, serta meningkatkan

produktivitas perancang dalam mencari solusi yang paling optimal. Dengan demikian, penggunaan metode VDI 2221 dalam perancangan produk tidak hanya meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses, tetapi juga memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi sesuai dengan tujuan penggunaannya (Sugeng, 2015).

Metode VDI 2221 menguraikan proses perancangan yang terstruktur dan terbagi menjadi empat tahap kerja yang berbeda. Tahap pertama, Klasifikasi Tugas, merupakan fase di mana informasi dan data terkait syarat-syarat serta batasan-batasan yang harus dipenuhi oleh rancangan alat dikumpulkan dan dianalisis secara mendalam.

Tahap kedua, Perancangan Konsep Produk, melibatkan diskusi mendalam, abstraksi, serta pembuatan struktur fungsi yang mendasari rancangan. Pada tahap ini, berbagai prinsip pemecahan masalah dieksplorasi dan dikombinasikan untuk menciptakan konsep-konsep alternatif yang memungkinkan.

Tahap ketiga, Perancangan Wujud Produk, melibatkan pengembangan sketsa dan layout awal berdasarkan kombinasi prinsip solusi yang telah dipilih dari tahap sebelumnya. Layout awal ini kemudian dievaluasi untuk memastikan bahwa rancangan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan serta mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis yang relevan.

Tahap keempat, Perencanaan Secara Rinci, merupakan tahap final dari proses perancangan. Pada tahap ini, rincian teknis dari rancangan dikembangkan lebih lanjut menjadi dokumen yang komprehensif, termasuk gambar mesin, detail komponen, spesifikasi bahan, sistem pengoperasian, toleransi, dan dokumen lain yang mendukung implementasi rancangan secara keseluruhan.

Dengan mengikuti langkah-langkah yang sistematis ini, metode VDI 2221 tidak hanya memfasilitasi proses perancangan yang efisien, tetapi juga memastikan bahwa hasil akhir dari rancangan produk memiliki kualitas yang optimal dan sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian dan Lokasi Penelitian

Metode penelitian merupakan sebuah pendekatan sistematis yang berfungsi sebagai panduan dalam menyelesaikan suatu masalah atau menjawab suatu pertanyaan penelitian. Dengan merancang metodologi penelitian yang tepat, diharapkan penelitian terhadap suatu permasalahan dapat dilakukan secara terstruktur dan terfokus. Pendekatan ini membantu dalam mengatur langkah-langkah yang diperlukan untuk mengumpulkan data, menganalisis informasi, dan menarik kesimpulan yang valid dan reliabel.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini ialah pendekatan kuantitatif dengan melakukan pengukuran dan pengujian terhadap angka-angka hasil pengisian kuesioner dan pengujian pada alat prototype yang ada. Penelitian ini dilakukan di wilayah rawan longsor lebih tepatnya Desa Sidoharjo, Kec. Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dengan titik koordinat lokasi yaitu 7°40'30"S 110°12'00"E.

Objek Penelitian

Judul penelitian ini tentang sistem peringatan dini bencana longsor mengilhami peneliti untuk merancang dan membangun sebuah alat yang mampu mendeteksi dan memberikan peringatan sebelum terjadinya tanah longsor. Alat ini dirancang dengan tujuan utama untuk meningkatkan kewaspadaan dan keselamatan masyarakat di daerah rawan longsor. Melalui pengembangan teknologi yang sensitif terhadap perubahan kondisi tanah dan faktor-faktor yang mempengaruhi potensi longsor, diharapkan sistem peringatan dini ini dapat memberikan informasi yang akurat dan cepat kepada pihak terkait serta masyarakat yang berpotensi terkena dampak bencana. Dengan demikian, langkah-langkah mitigasi dan evakuasi dapat dilakukan lebih efektif, mengurangi kerugian manusia dan materiil yang disebabkan oleh bencana longsor. Dimana alat tersebut dapat memberikan informasi terhadap pengguna dan dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan akibat bencana pergerakan tanah longsor yang dapat mengganggu produktifitas perekonomian warga khususnya di bidang pertanian dan peternakan.

Tanah yang menjadi tempat digunakannya alat tersebut berjenis Latosol. Tanah Latosol adalah salah satu jenis tanah yang terbentuk melalui proses alami dari pelapukan batuan induk. Tanah ini dikenal sebagai tanah tua yang umumnya berwarna merah hingga kuning, dengan tekstur yang dominan berupa lempung. Kandungan bahan organik dalam Tanah Latosol cenderung relatif rendah hingga sedang. Warna merah pada tanah ini disebabkan oleh proses oksidasi besi yang terjadi di dalam tanah tersebut selama proses pembentukannya. Proses pengeroposan batu api secara bertahap menghasilkan struktur tanah yang khas dan sangat berbeda dari tanah lainnya di sekitarnya.

Tahapan Penelitian

Pada tahap penelitian ini ada beberapa poin dalam melakukan penelitian yaitu:

1. Studi Literatur: Tahapan ini melibatkan penelusuran literatur terkait sistem peringatan dini pergerakan tanah, teknologi *Internet of Things* (IoT), dan penggunaan modul NodeMCU
2. Perencanaan Sistem: Tahapan ini melibatkan perencanaan sistem secara keseluruhan, termasuk identifikasi kebutuhan prototype.
3. Pembuatan Prototype: Proses ini mencakup perakitan komponen, penghubungan antar komponen, dan pengujian awal untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik.
4. Integrasi Sensor dan NodeMCU: Tahapan ini mencakup integrasi sensor pergerakan tanah dengan modul NodeMCU.
5. Pengembangan Perangkat Lunak: Pada tahap ini, perangkat lunak dikembangkan untuk mengolah data yang diperoleh dari sensor pergerakan tanah.
6. Pengujian dan Evaluasi: Tahap ini melibatkan pengujian keseluruhan sistem untuk memastikan kinerja dan keandalannya. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kondisi pergerakan tanah

dan mengamati respons sistem terhadap kondisi tersebut. Evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi keefektifan sistem dalam memberikan peringatan dini.

7. Analisis Hasil: Hasil pengujian dan evaluasi dianalisis untuk mengevaluasi keberhasilan sistem dalam memberikan peringatan dini terhadap pergerakan tanah.
8. Penulisan Laporan Tugas Akhir: Tahapan terakhir adalah penulisan laporan tugas akhir yang mencakup semua hasil penelitian, mulai dari studi literatur hingga analisis hasil. Laporan ini juga memuat kesimpulan dan saran untuk pengembangan sistem peringatan dini pergerakan tanah di masa depan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Metode Kano

Dari pengujian uji validitas menggunakan software SPSS ditetapkan hasil yang *valid*. Dari hasil uji validitas akan menunjukkan data tersebut *valid* atau tidak, apabila data tersebut dinyatakan *valid* maka akan digunakan sebagai atribut pembuatan *Prototype* pendeteksi tanah longsor dengan penyesuaian ukuran, seperti berikut: pertanyaan nomor 1 (ukuran *Prototype* pendeteksi tanah longsor P 30 cm, L 30 cm, T 20 cm) pertanyaan nomor 2 (kenyamanan penggunaan alat), pertanyaan nomor 3 (Ukuran box plastik), pertanyaan nomor 4 (daya listrik yang di gunakan relative kecil) pertanyaan nomor 5 (proses perakitan mudah), pertanyaan nomor 6 (bila terjadi kerusakan mudah di perbaiki), pertanyaan 7 (pembuatan alat relative murah). Tahap selanjutnya adalah pengelompokan atribut metode kano. Dari evaluasi metode kano, atribut yang harus ada dalam pembuatan alat *Prototype* pendeteksi tanah longsor dengan penyesuaian ukuran adalah ukuran alat *Prototype* pendeteksi tanah longsor P 30 cm, L 30 cm, T 20 cm, mendapatkan kesimpulan *Must Be*, kenyamanan penggunaan alat mendapatkan kesimpulan *Must Be*, kemudian box plastik mendapatkan kesimpulan *Must Be*, daya listrik yang di gunakan relative kecil mendapatkan kesimpulan *Must Be*, proses perakitan alat mudah mendapatkan kesimpulan *Must Be*, Bila terjadi kerusakan mudah di perbaiki di lokasi mendapatkan kesimpulan *Must Be*, Pembuatan alat relative murah mendapatkan kesimpulan One Dimensional.

Desain Alat Prototype Pendeteksi Tanah Longsor

Desain alat *Prototype* pendeteksi tanah longsor yang dibuat ini sedikit berbeda dengan alat lain karena *prototype* ini di desain agar dapat terus di upgrade dan dapat digunakan untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan akibat bencana tanah longsor Dengan perbandingan melalui tahapan-tahapan metode VDI 2221 terpilihah varian konsep yang memenuhi kriteria perancangan yaitu varian 3. Dengan memperhitungkan yang paling mungkin dapat terwujud sesuai dengan spesifikasi rancangan yang di inginkan maka terpilihah varian 3 yang akan di lakukan ke tahap proses selanjutnya.

Analisis Alat Prototype Pendeteksi Tanah Longsor

Analisis pengolahan konsep produk yang pertama adalah dibuatkan atribut kebutuhan. Dalam atribut kebutuhan semua komponen akan dikelompokkan menjadi satu. Selanjutnya membuat prinsip kerja produk dalam semua komponen yang terdapat pada *Prototype* pendeteksi tanah longsor di buat spesifikasinya. Fungsi kerja produk *Prototype* pendeteksi tanah longsor yaitu bisa mendeteksi pergerakan tanah, mengetahui kelembaban tanah, serta mengirimka gambar keadaan yang secara otomatis menghasilkan output pemberitahuan melalui telegram terhadap pengguna. Dengan cara pengoprasian perangkat di taruh di area yang disinyalir rawan longsor. Prototype pendeteksi tanah longsor memiliki modul *NodeMCU ESP8266* dengan ukuran relatif kecil, dengan ukuran tersebut *Prototype* pendeteksi tanah longsor mudah di pindahkan karena ukuran yang relative kecil, ringan dan sederhana. Prototype pendeteksi tanah longsor ini di lengkapi dengan dua sensor yaitu sensor untuk mendeteksi getar dan sensor untuk mendeteksi kelembaban tanah. Alat *prototype* pendeteksi tanah longsor ini telah melalui beberapa tahapan pengujian untuk memastikan fungsionalitasnya. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan:

1. Sensor mendeteksi dengan benar: Ya
2. Prototype mendeteksi getaran/kemiringan saat terjadi pergerakan tanah: Ya
3. Prototype dapat mendeteksi kelembaban tanah saat tanah basah: Ya
4. Prototype dapat mengirimkan gambar ke telegram saat terjadi pergerakan tanah: Ya

Hasil dari pengujian ini dapat diartikan bahwa alat telah bekerja dengan baik dalam mendeteksi pergerakan tanah dan mengirimkan notifikasi ke pengguna.

Kelebihan dan Kekurangan

Dari desain yang sudah di rancang dan fungsi alat yang sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna, untuk kelebihan dan kekurangan *Prototype* pendeteksi tanah longsor adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Kelebihan dan Kekurangan

No.	Kelebihan	Kekurangan
1	Daya listrik yang di gunakan relatif kecil.	Karena menggunakan tenaga listrik dalam proses pengoprasian, maka ketika terjadi pemadaman listrik alat tidak bisa ber oprasi.
2	Perangkat sudah otomatis dan terintegrasi dengan internet serta telegram	Jika terjadi gangguan terhadap jaringan interet maka akan terjadi delay dalam pengiriman informasi
3	Alat tidak menimbulkan pencemaran udara	
4	Perawatan alat Prototype pedeteksi tanah longsor mudah	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, prototipe menggunakan sensor kelembaban tanah, sensor getar, dan ESP32 cam dikembangkan untuk mendeteksi pergerakan tanah longsor. Sensor kelembaban tanah berfungsi memantau tingkat kelembaban, di mana peningkatan kelembaban ditunjukkan oleh penurunan angka yang dikirimkan melalui Telegram dari area tempat alat tersebut digunakan. Selain itu, sensor getar digunakan untuk mendeteksi getaran tanah. Modul ESP32 cam berfungsi sebagai perangkat pengirim data saat terjadi perubahan kondisi yang mengindikasikan potensi tanah longsor. Semua sensor/modul terintegrasi menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang mengelola semua inputan dari hasil sensor/modul yang menghasilkan output berupa informasi dan mengubahnya menjadi output berupa informasi melalui telegram, namun sebelum itu semua terjadi harus dipastikan bahwa alat sudah terkonfigurasi dengan wifi atau jaringan internet dalam pengoperasiannya. Menggunakan metode VDI 2221, dapat disimpulkan bahwa alat pendeteksi pergerakan tanah longsor ini mudah dioperasikan oleh pengguna. Pengguna hanya perlu menghubungkan adaptor ke stop kontak dan melakukan penyesuaian yang diperlukan pada alat pendeteksi pergerakan tanah longsor untuk memulai penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arias, K., Ríos, M. S., Cortez, F. J. B., Sierra, G. L., GARCÍA, R. G., & Patiño, D. M. (2018). *Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+ D3. Artículo de revisión. Revista Espacios*, 39(09), 3-5.
- Arief, R. K. (2018). Metode Desain Vdi 2221 Untuk Merancangskid Mpfm Single Line. *Rang Teknik Journal*, 1(2).
- Asfarisya, F. N., & Koesyanto, H. (2021). Implementasi Sistem Tanggap Darurat berdasarkan *National Fire Protection Association (NFPA) 1600* di PT. LG Electronics Indonesia. *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 1(2), 223-233.
- Bale, J., Tarigan, B. V., & Siagian, W. B. O. (2021, September). *Embodiment design of Moringa Oleifera rotary dryer using VDI 2221 method. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2017, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.*
- Cupu, D. R. P., & Syamza, N. (2021). *Design of disc on disc wear test equipment using VDI 2221 method. Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace-science and engineering-*, 65(3), 100-106.
- Dermawan, R., & Hadi, V. (2022). Pengembangan Mesin Pengupas Kulit Kopi Menggunakan Metode VDI 2221. *Presisi*, 24(2), 54-63.
- Geramitcioski, T., Mitrevski, V., & Mijakovski, V. (2018, July). *Design of a small press for extracting essential oil according VDI 2221. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 393, No.1, p. 012131). IOP Publishing.*
- Hazarah, A. (2017). Rancang Bangun Smart Door Lock Menggunakan QR Code dan Solenoid. *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, 4(1).
- Jufri, A. (2016). Rancang Bangun dan Implementasi Kunci Pintu Elektronik Menggunakan Arduino dan Android. *JURNAL STT STIKMA INTERNASIONAL*, 7(1), 40-51.
- Michael, V., Halim, A., & Irawan, A. P. (2020, December). *Design of pick and place and color sorting system using VDI 2221. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1007, No. 1, p.012165). IOP Publishing.*
- Pradana, V., & Wiharto, H. L. (2020). Rancang Bangun Smart Locker Menggunakan Rfid Berbasis Arduino Uno. *Jurnal EL Sains P-ISSN*, 2527, 6336.

- Santoso, K. N., Daywin, F. J., Adianto, L. G., Doaly, C. O., & Irawan, A. P. (2021). *Modification design of Melanger machine with reverse engineering method and VDI 2221. In Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.* (pp. 2711-2721).
- Siregar, S. A. K. (2021). Perancangan Sepeda Listrik 350 W dengan Metode VDI 2221 untuk Ibu Rumah Tangga Perumahan. In Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) (pp. 9-17).