

RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI TANAH LONGSOR BERBASIS INTERNET OF THINGS DAN MENGGUNAKAN PLTS

Oleh :

Mahardika Anggito¹, Soewarto Hardhienata², Agustini Rodiah Machdi³

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan bencana alam yang salah satunya disebabkan oleh pergeseran tanah. Dampak tanah longsor sangat merugikan, seperti kerusakan infrastruktur, kehilangan nyawa manusia tentunya akan merugikan segala pihak yang terkait. Alat yang dirancang pada kali ini menggunakan ESP32, dan sensor MPU6050 perancangan sistem kemiringan dengan nilai 25° dapat dilakukan dengan perancangan perangkat keras yaitu *solar cell* berkapasitas 10WP, baterai 7,5 Ampere 12 Volt, *solar charge control* 10 Ampere, DC step down 5 Volt, ESP32, LCD 16 x 2, sensor MPU6050, buzzer alarm, dan perancangan perangkat lunak yaitu Aplikasi Telegram dan pemograman ESP32 menggunakan bahasa C++. Monitoring dan kontrol dapat dilakukan secara real-time menggunakan aplikasi Telegram Messenger pada Android. Pengujian yang telah dilakukan diperoleh bahwa Sistem kemiringan berhasil dibuat dengan sensor MPU6050. Hasil pengujian keseluruhan menunjukkan bahwa alat pendeteksi longsor ini dapat mendeteksi kemiringan tanah 25° dan memberikan notifikasi pada handphone dengan aplikasi Telegram serta alarm ketika kemiringan tanah melebihi 25° , dan berdasarkan beban yang digunakan pada alat pendeteksi longsor, baterai 12V 7,5 Ah dapat menyalakan alat ini selama 30,57 jam dengan total beban 3,68 watt, Diperlukan waktu sekitar 16 jam untuk mengisi daya baterai berkapasitas 7,5 Ah saat panel surya menghasilkan daya pada tingkat maksimumnya. baterai ini digunakan sebagai sumber energi untuk memberikan daya kepada beban output. Seiring berjalannya waktu, daya pada baterai akan terkuras. Jika terjadi bencana longsor diasumsikan dengan radius bencana 2000 meter dan jarak evakuasi 5000 meter serta kecepatan tanah longsor 13,3 m/s dengan elevasi 96,2 m.dpl, penduduk mempunyai waktu untuk meninggalkan dan mengevakuasi diri dari lokasi tanah longsor dengan waktu 6,36 menit.

Kata Kunci : *Bot Telegram, ESP32, Internet of Things, MPU6050, GSM1800*

ABSTRACT

Landslides are natural disasters, one of which is caused by landslides. The impact of landslides is very detrimental, such as damage to infrastructure, loss of human life will certainly harm all parties involved. The tool designed this time uses ESP32, and MPU6050 sensors, the design of a slope system with a value of 25° can be done by designing hardware, namely a 10WP solar cell, a 7.5 Ampere 12 Volt battery, a 10 Ampere *solar charge control*, a 5 Volt DC step down, ESP32, 16 x 2 LCD, MPU6050 sensor, alarm buzzer, and software design, namely the Telegram application and ESP32 programming using the C++ language. Monitoring and control can be done in real-time using the Telegram Messenger application on Android. The test that has been done obtained that the slope system was successfully created with the MPU6050 sensor. The overall test results show that this landslide detector can detect a 25° land slope and provide notifications on mobile phones with the Telegram application and alarms when the land slope exceeds 25 degrees, and based on the load used on the landslide detector, a 12V 7.5 Ah battery can power this device for 30.57 hours with a total load of 3.68 watts, It takes about 16 hours to charge a 7.5 Ah battery when the solar panel produces power at its maximum level. This battery is used as an energy source to provide power to the

output load. Over time, the power in the battery will drain. If a landslide occurs, it is assumed that the disaster radius is 2000 meters and the evacuation distance is 5000 meters and the landslide speed is 13.3 m / s with an elevation of 96.2 m.asl, residents have time to leave and evacuate themselves from the landslide location with a time of 6.36 minutes.

Keywords: Bot Telegram, ESP32, Internet of Things, MPU6050, GSM1800

I. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan bencana alam yang disebabkan oleh resapan air pada permukaan tanah sehingga terjadinya pergeseran tanah. Dampak dari tanah longsor dapat sangat merugikan, seperti kerusakan infrastruktur, hilangnya nyawa manusia. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem deteksi dini yang dapat memberikan peringatan lebih awal kepada masyarakat sekitar agar dapat mengambil langkah-langkah pencegahan dan evakuasi yang tepat.[1]

Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dengan sensor yang terhubung pada IoT dapat menjadikan solusi inovatif dengan memberikan data informasi kepada masyarakat. Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi untuk alat pendeteksi tanah longsor juga memberikan keunggulan. Yaitu, karena menggunakan sumber energi yang terbarukan dan untuk operasional alat deteksi tanah longsor di daerah terpencil atau sulit dijangkau oleh sumber listrik konvensional.

Melalui rancang bangun alat pendeteksi tanah longsor berbasis IoT dan menggunakan PLTS, diharapkan dapat memberikan solusi yang efisien, akurat, dan berkelanjutan dalam pengelolaan risiko tanah longsor.

Pada penelitian yang berjudul "Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor Cahaya" penelitian ini mengemukakan metode potensial dengan sensor *Light Dependent Resistor* untuk membaca pergeseran tanah dan juga menggunakan modem wavecom sebagai tanda peringatan dini. Hasil yang telah dicapai dari penelitian ini dapat bekerja secara bertahap dalam memberikan output ataupun informasi hingga memberikan peringatan akan terjadinya bencana alam tanah longsor. Tahapan-tahapan tergantung pada rentangan tanah yang ditimbulkan oleh pergeseran permukaan tanah. Kekurangan dari

alat yang telah dibuat adalah kurangnya sensitifitas dan keakuratan pada sensor.[2]

II. METODE PENELITIAN

2.1 Pergerakan dan Kemiringan pada Tanah

Gerakan tanah dengan longsor mempunyai kesamaan. Gerakan tanah adalah perpindahan massa tanah atau batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula, gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsor. Dengan kecepatan rata – rata pergerakan tanah longsor yaitu 13,3 m/s, sedangkan kemiringan ketika terjadi tanah longsor yaitu 25° – 40° dengan kategori curam. Perhitungan waktu evakuasi dapat dihitung dengan persamaan 2.1 : [3][4]

$$\text{Waktu evakuasi} = t = \frac{\text{Jarak Evakuasi}}{\text{Kecepatan Longsor}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

t = Time (menit)

Jarak Evakuasi = Jarak evakuasi ke radius aman (m)

Kecepatan longsor = Kecepatan gerak tanah longsor (m/s)

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang selalu aktif. Secara mendasar, IoT mengacu pada objek yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam sistem berbasis internet. Konsep IoT yaitu komunikasi terbaru yang memvisualisasikan masa depan dekat, di mana objek sehari-hari dilengkapi dengan mikrokontroler, transceiver untuk komunikasi digital, serta serangkaian protokol yang memungkinkan mereka berkomunikasi satu sama

lain dan dengan pengguna. Hal ini membuat objek-objek tersebut menjadi bagian integral dari Internet. Cara kerja IoT melibatkan interaksi otomatis antar mesin yang terhubung tanpa campur tangan pengguna, baik dari jarak dekat maupun jauh. Untuk mewujudkan cara kerja ini, internet berfungsi sebagai penghubung antar mesin tersebut, sementara pengguna berperan sebagai pengatur dan pengawas operasional alat-alat tersebut. Keuntungan dari konsep IoT adalah mempercepat, mempermudah, dan membuat pekerjaan menjadi lebih efisien. Secara singkat, IoT dapat diartikan sebagai benda-benda di sekitar kita yang dapat berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan seperti internet.[1]

2.3 Panel Surya

Panel surya atau sel surya (*solar cell*) adalah perangkat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus DC. Arus DC yang dihasilkan kemudian diubah menjadi arus AC menggunakan inverter, dan sistem ini dilengkapi dengan kontrol otomatis untuk mengatur distribusi energi. Arus AC yang dihasilkan didistribusikan melalui panel distribusi indoor untuk memenuhi kebutuhan listrik peralatan. Pemakaian energi dapat dipantau melalui alat ukur Watt Hour Meter. Secara umum, sel surya dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan teknologi pembuatannya, yaitu sebagai berikut:[5]

1. *Monokristal (Mono-crystalline)* Sel surya tipe *monokristal* ini jenis panel pada kategori paling efisien dengan pembuatan menggunakan teknologi terkini serta dapat menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Tipe *monokristal* dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat yang memiliki iklim tidak terduga dan kondisi alam yang sangat ekstrim. Efisiensi yang dimiliki pada tipe ini sebesar 15% dengan Kelemahan tipe panel ini yaitu tidak berfungsinya panel pada keadaan tempat yang kurang terjangkau oleh matahari sebab akan menurunkan efisiensi secara cepat pada kondisi berawan. Panel surya jenis *Monokristal* dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini :[6]



Gambar 1. Panel Surya Monokristal

2. *Polikristal (Poly-Crystalline)* Polikristal merupakan panel surya dengan susunan Kristal secara acak dengan pembuatannya melalui proses pengecoran, pada tipe panel ini memerlukan tempat yang luas untuk penggunaannya untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya tipe tersebut mempunyai tingkat efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan tipe *Monokristal*, sehingga harga penjualannya lebih murah dari tipe *Monokristal*. gambar contoh panel jenis ini seperti terlihat pada gambar 2 di bawah ini : [6]



Gambar 2. Panel Surya polikristal

3. *Thin Film Photovoltaic* merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis *mikrokristalsilicon* dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada *Monokristal & Polikristal*. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara. Pada gambar 3 di bawah ini :[7]



Gambar 3. Panel Surya Thin Film Photovoltaic

2.2.1 Perhitungan Jumlah Modul Surya

Dalam menentukan jumlah modul panel surya yang akan digunakan, langkah pertama adalah menghitung durasi radiasi dengan menggunakan persamaan 2.2 [8]:

$$Lama\ waktu\ radiasi = \frac{radiasi\ total\ harian}{intensitas\ radiasi\ modul\ surya} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- t_r = Lama waktu radiasi (jam)
- Radiasi total harian = 4.760 Wh/m²
- Intensitas Radiasi = 1.000 W/m²

Setelah mengetahui durasi radiasi matahari, langkah berikutnya adalah menghitung rata-rata energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya. Energi yang diproduksi oleh panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3. [8]:

$$E_{modul} = P_N \times t_r \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- E_{modul} = Energi listrik rata-rata setiap modul (Wh)
- P_N = Kapasitas panel surya (Wp)
- t_r = Lama waktu radiasi (Jam)

Kemudian, menetapkan jumlah modul surya yang akan digunakan melalui pengisian ulang baterai (*charging battery during no load*). Untuk menghitung jumlah modul panel surya, digunakan persamaan 2.4 [8]:

$$Jumlah\ modul\ surya = \frac{E_{total} \times t_{otonomi}}{E_{modul} \times t_{regenerasi}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- E_{total} = Total beban (Watt)
- $T_{otonomi}$ = Kemampuan mensuplai beban tanpa ada cahaya matahari (Jam)
- E_{modul} = Energi listrik rata-rata setiap modul (Wh)
- $t_{regenerasi}$ = Waktu penyinaran matahari (Jam)

Diasumsikan bahwa waktu yang diperlukan sistem untuk mengisi ulang baterai (pengisian baterai saat tidak ada beban) adalah satu hari.

2.4 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller merupakan perangkat elektronik yang berfungsi mengatur arus searah yang mengisi baterai dari panel surya dan

mengalirkan arus dari baterai ke beban. Fungsi utama *solar charge controller* adalah mengontrol proses pengisian baterai untuk mencegah overcharging (kelebihan pengisian ketika baterai sudah penuh) dan menangani voltase berlebih dari panel surya atau sel surya. Kelebihan voltase dan pengisian yang tidak terkontrol dapat mengurangi umur pakai baterai.[10]

Solar charge controller menggunakan teknologi pulse width modulation (PWM) untuk mengatur proses pengisian baterai dari panel surya dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya atau sel surya 12 Volt umumnya menghasilkan tegangan output antara 16 hingga 21 Volt. Tanpa *solar charge controller*, baterai dapat rusak karena over-charging dan tegangan yang tidak stabil. Idealnya, baterai di-charge pada tegangan sekitar 14 hingga 14.7 Volt untuk menjaga umur pakainya. Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:[11]

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali, *solar charge controller* dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini :[12]

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging* dan *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak full *discharge* dan *overloading*.
3. Monitoring temperatur baterai.

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller*

akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali, *solar charge controller* dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini :[12]



Gambar 4. Solar Charge Controller

2.5 Baterai

Baterai adalah sebuah perangkat yang terdiri dari dua atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Setiap sel baterai memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub positif memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub negatif. Ketika baterai terhubung ke rangkaian eksternal, elektron mengalir dari kutub negatif ke kutub positif, menyediakan energi untuk peralatan eksternal. Baterai atau aki adalah jenis sel listrik di mana terjadi proses elektrokimia yang dapat dibalik (reversible) dengan efisiensi tinggi. Ini berarti baterai dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya, yaitu mengubah energi listrik menjadi energi kimia (proses pengisian kembali) dengan melewati arus listrik dalam arah yang berlawanan di dalam sel. Adapun baterai dibedakan menjadi 2 yaitu, baterai kering dan basah. [13]

2.5.1 Baterai Basah

Aki model basah yang berisi cairan asam sulfat (H_2SO_4). Ciri utamanya memiliki lubang dengan penutup yang berfungsi untuk menambah air aki, saat aki kekurangan air akibat penguapan air yang terjadi saat reaksi kimia antara sel dengan air aki. Adapun kelebihan dari aki basah diantaranya :[13]

1. Harga lebih murah dibandingkan dengan aki kering.
2. Lebih hemat, karena pengisian ulang air aki.

Serta kekurangan aki basah diantaranya :

1. Harus mengisi ulang air aki.
2. Tegangan kurang stabil.

2.5.2 Baterai Kering

Aki model kering ini tidak memerlukan pengisian cairan seperti aki basah,

karena aki kering ini menggunakan gel elektrolit yang terkandung dalam separator. Adapun jenis – jenis aki kering diantaranya :[14]

1. *Lithium - ion*

Li-ion menggunakan elektrolit berbasis lithium yang memungkinkan aliran ion lithium antara katoda dan anoda dalam sel baterai. Ini menghasilkan daya yang lebih tahan lama dan kemampuan pengisian ulang yang lebih baik.

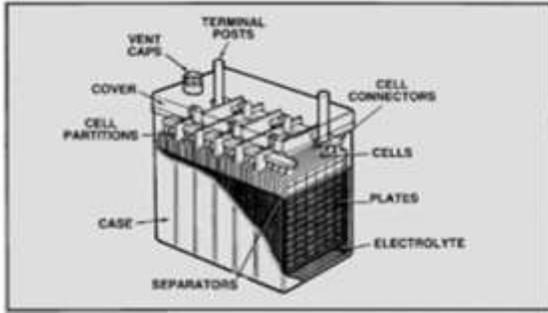
2. *Lithium Polymer*

Baterai Li-Po juga memiliki keunggulan dalam hal energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Li-ion, tetapi dengan densitas daya yang lebih rendah. Ini berarti baterai Li-Po lebih cocok untuk perangkat dengan ukuran yang lebih kecil dan membutuhkan bentuk yang lebih fleksibel.

3. *Valve Regulated Lead Acid (VRLA)*

VRLA menggunakan teknologi yang lebih canggih daripada battery konvensional. Mereka memiliki sistem katup yang mengatur aliran gas dan menjaga tekanan di dalam baterai agar tetap stabil. Ini membuat VRLA lebih tahan lama dan lebih aman untuk digunakan dalam lingkungan yang berbeda. [14]

Berdasarkan dari jenis - jenis baterai yang sudah disebutkan, maka dipilih baterai dengan jenis VRLA karena baterai ini mampu mengatur aliran gas dan menjaga tekanan agar tetap stabil dan lebih tahan lama. Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai listrik ke komponen yang dihubungkan. Di dalam baterai terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat tersebut dibuat dari timah karena itu baterai tipe ini disebut baterai timah. Ruangan didalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel) dan di dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam elektrolit. Konstruksi dari baterai dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini : [13][14]



Gambar 5. Konstruksi Baterai

2.5.3 Perhitungan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai yang dipakai pada rancangan sistem PLTS harus diperhitungkan dengan baik. Dalam perhitungan kapasitas baterai, langkah pertama adalah menghitung muatan baterai, yang dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.5.[8]

$$Q_{baterai} = \frac{Wh}{V_{op}} = Ah \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

- Q_{baterai} = Muatan baterai (Ah)
 - V_{op} = Tegangan operasi baterai (Volt)
 - Wh = Kebutuhan energi listrik per hari (Wh)
- Setelah mengetahui muatan baterai, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan kapasitas baterai. Persamaan 2.6 dapat digunakan untuk menentukan kapasitas baterai [8].

$$C_{baterai} (Ah) = \frac{Q_{baterai} \cdot t_{otonomi}}{DOD \text{ baterai}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

- Q_{baterai} = Muatan baterai (Ah)
 - C_{baterai} = Kapasitas baterai (Ah)
 - t_{otonomi} = Kemampuan menyuplai beban tanpa ada cahaya matahari (Jam)
 - DOD = Tingkat pengosongan baterai (%)
- Tingkat penggunaan atau kedalaman pemakaian baterai DoD yang umumnya digunakan adalah sekitar 75% [8].

Panel surya digunakan untuk mengisi baterai. Untuk memperkirakan waktu yang diperlukan agar baterai berkapasitas 7,5 Ah dengan tegangan 12 VDC terisi penuh, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7 [8].

$$Estimasi Waktu Charge = \frac{Kapasitas \text{ baterai}}{Efisiensi \times \text{ arus panel surya}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

- Kapasitas baterai = Kapasitas baterai (Ah)
 - Efisiensi = Efisiensi baterai (%)
 - Arus panel surya = Arus panel surya (A)
- Seiring penggunaan baterai untuk menyediakan daya ke beban, kapasitas energi di dalam baterai akan berkurang. Oleh karena itu, untuk menentukan durasi proses *discharge*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 [8].

$$Estimasi waktu discharge = \frac{Kapasitas \text{ baterai} \times \text{ tegangan baterai}}{Efisiensi \times \text{ beban yang digunakan}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

- Kapasitas baterai = Kapasitas baterai (Ah)
- Tegangan baterai = Tegangan baterai (V)
- Efisiensi = Efisiensi baterai (%)
- Beban yang digunakan = Beban yang digunakan (Wh)

2.6 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, perusahaan yang berbasis di Shanghai. Mikrokontroler ini dirancang sebagai solusi jaringan WiFi mandiri serta sebagai penghubung mikrokontroler ke WiFi, juga mampu menjalankan aplikasi secara mandiri. ESP32 menawarkan biaya yang terjangkau dengan dukungan WiFi terintegrasi dan Bluetooth. Mikrokontroler ESP32 menggunakan mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 dengan variasi dual core dan single core. Chip ini juga dilengkapi dengan antenna switches, RF balun, power amplifier, low-noise receive amplifier, filter, dan manajemen daya yang lengkap. Untuk melihat contoh gambar ESP32, silakan lihat gambar 6 di bawah ini.:[15][16]



Gambar 6. ESP32

2.7 DC Step Down

IC LM2596 adalah IC monolitik merupakan komponen utama dalam rangkaian step down DC power supply, komponen ini menyediakan semua fungsi aktif. untuk regulator switching step-down (*buck*), beban arus maksimal yang dapat dilewatkan pada komponen ini adalah 3A. LM2596 idealnya dapat bekerja maksimum pada *frekuensi switching* 150 kHz, ini menyebabkan komponen filter dengan ukuran lebih kecil dibutuhkan serta spesifikasi *switching frekuensi* lebih rendah. DC Step Down LM2596 dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini :[17][18]



Gambar 7. DC Step Down

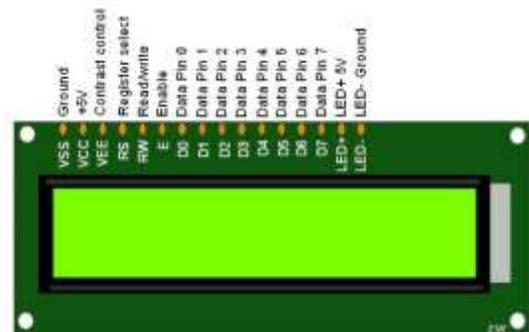
Gambar 2.7 di atas adalah contoh modul jadi regulator variabel DC *power supply* yang menggunakan IC LM2596 sebagai komponen utamanya. Dapat dilihat beberapa komponen pendukung yang menyertai modul tersebut.[18]

2.8 LCD 16 x 2

Display elektronik adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk karakter, huruf, atau grafik. Salah satu jenis display elektronik yang umum digunakan adalah LCD (*Liquid Crystal Display*). LCD dibuat menggunakan teknologi CMOS logic dan bekerja tanpa menghasilkan cahaya sendiri, yang

berarti bergantung pada cahaya luar (seperti front-lit) atau mentransmisikan cahaya dari belakang (back-lit). LCD berfungsi sebagai tampilan data yang dapat menampilkan karakter, huruf, angka, atau grafik sesuai dengan input yang diberikan kepadanya.[19][20]

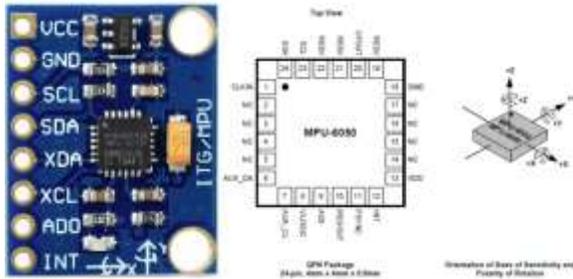
Prinsip kerja LCD 16x2 didasarkan pada penggunaan lapisan film yang mengandung kristal cair, yang ditempatkan di antara dua lembaran kaca yang dilapisi dengan elektroda logam transparan. Molekul-molekul kristal cair ini dapat diatur sehingga mereka akan menyusun diri dan mengubah cahaya yang melewatinya. Cahaya yang datang akan diserap oleh molekul-molekul kristal cair, dan hasil dari penyerapan cahaya ini akan membentuk karakter, angka, atau gambar sesuai dengan bagian-bagian yang diaktifkan. LCD 16x2 adalah jenis LCD yang mampu menampilkan 16 karakter dalam 2 baris. Untuk melihat contoh dari LCD 16x2, Anda bisa merujuk pada gambar 8 di bawah ini.:[20]



Gambar 8. LCD I2C 16x2

2.9 Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 adalah sensor yang mampu membaca kemiringan sudut berdasarkan data dari sensor *accelerometer* dan *sensor gyroskop*. Sensor ini juga dilengkapi oleh sensor suhu yang dapat digunakan untuk mengukur suhu di keadaan sekitar. Jalur data yang digunakan pada sensor ini adalah jalur data I2C dan mampu berjalan pada tegangan power supply sebesar 3 – 5V. Sensor MPU6050 dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini : [21][22]



Gambar 9. MPU 6050



Gambar 10. GSM SIM800L

2.8 Modul GSMI800

Modul GSM800L adalah sebuah modem yang mendukung teknologi GSM/GPRS (*Global System for Mobile Communications/General Packet Radio Service*). Modul ini dirancang untuk digunakan dalam aplikasi komunikasi nirkabel yang memanfaatkan jaringan seluler GSM. Beberapa fitur utama dari modul GSM800L meliputi:

1. Komunikasi GSM/GPRS: Memungkinkan untuk mengirim dan menerima data menggunakan teknologi GSM/GPRS. Modul ini dapat digunakan untuk koneksi internet melalui GPRS, pengiriman dan penerimaan SMS, serta melakukan panggilan suara.
2. AT Command: Modul GSM800L dikendalikan melalui perintah AT (AT Command Set), yang merupakan standar komunikasi serial untuk mengontrol modem. Perintah-perintah AT digunakan untuk mengatur berbagai fungsi modul seperti mengirim SMS, menjalankan panggilan, mengelola koneksi data, dan lainnya.
3. Antarmuka: Modul ini biasanya memiliki antarmuka serial (UART) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler atau perangkat lainnya. Beberapa varian modul juga dapat memiliki tambahan antarmuka seperti GPIO (General Purpose Input Output), SPI (*Serial Peripheral Interface*), dan I2C (*Inter-Integrated Circuit*).
4. Dukungan untuk SIM Card: Memerlukan kartu SIM untuk terhubung ke jaringan GSM. Kartu SIM menyediakan identitas pengguna dan akses ke jaringan seluler.

Modul GSM800L umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi IoT, sistem monitoring jarak jauh, dan proyek-proyek elektronik yang membutuhkan koneksi komunikasi nirkabel melalui jaringan seluler. Gambar modul GSM800L dapat dilihat pada gambar 10:[23][24]

2.9 Buzzer

Buzzer elektronik adalah sebuah komponen elektronik yang menghasilkan getaran suara dalam bentuk gelombang bunyi ketika diberi tegangan listrik sesuai dengan spesifikasi dan karakteristiknya. Buzzer umumnya digunakan sebagai alarm karena cara penggunaannya yang sederhana: cukup berikan tegangan input, dan buzzer akan menghasilkan suara yang dapat didengar manusia. Untuk melihat contoh gambar dari buzzer, dapat merujuk ke gambar 11.[25]



Gambar 11. Buzzer

2.10 Aplikasi Telegram

Telegram menggabungkan kecepatan WhatsApp dengan kegunaan Snapchat. Seperti WhatsApp, Telegram memiliki kemampuan untuk menampilkan status mitra komunikasi online dan mengirimkan teks, foto, video, file audio, informasi lokasi, kontak, dan dokumen. Tetapi ada juga opsi untuk memberikan informasi ini dengan tanggal kedaluwarsa dan menghapusnya secara otomatis. Fitur khusus lainnya dari Telegram adalah keamanannya. Semua aktivitas, termasuk obrolan, grup, dan media yang dibagikan oleh peserta, dienkripsi. Artinya, tidak

akan terlihat tanpa diuraikan terlebih dahulu. Telegram juga menawarkan enkripsi ujung ke ujung antar mitra obrolan dengan fitur “obrolan rahasia”.[26]

Bot Telegram adalah program yang berperilaku seperti mitra obrolan biasa dengan fungsi tambahan. Yang melakukan tugas yang telah ditentukan sebelumnya secara mandiri dan tanpa keterlibatan pengguna. Istilah bot berasal dari istilah robot.

Telegram menyimpan semua data, termasuk semua obrolan dan Bot, yang dienkripsi di cloud. Oleh karena itu, cadangan eksternal data Telegram tidak mutlak diperlukan karena seluruh pengaturan pribadi tersedia bagi pengguna yang masuk di seluruh platform kapan saja dan di mana saja. Namun, data dan perintah sensitif yang diakses Bot secara eksternal mungkin tersedia di luar cloud, misalnya, di server milik perusahaan lokal di database mereka sendiri.[27][28]

Banyak yang mengagumi IoT dan di sinilah Bot Telegram berperan. Bot ini dapat, dalam lingkungan yang ditentukan, memberikan informasi dan bereaksi dengan nyaman. Telegram tidak hanya dapat mengaktifkan komunikasi antar manusia, tetapi dengan Bot Telegram juga dapat mengaktifkan komunikasi antara manusia dan mesin yang dapat diprogram. Dengan demikian, pesan dapat diteruskan ke beberapa perangkat dengan satu klik atau diterima dari perangkat tersebut. Logo Telegram bisa dilihat pada gambar 12 di bawah ini :[29][30]

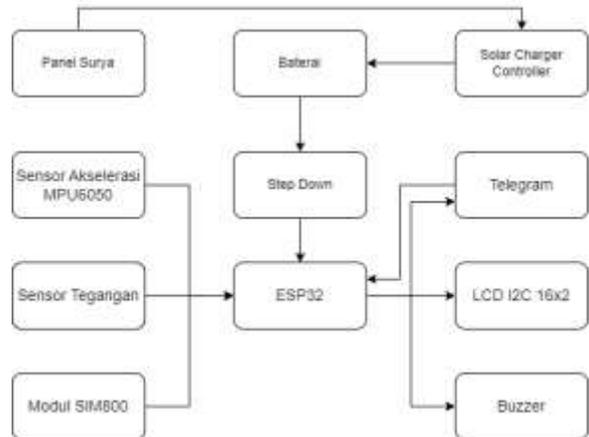


Gambar 1. Gambar Logo Telegram

2.11 Blok Diagram Perancangan Alat

Blok diagram adalah representasi grafis dari sistem yang kompleks, dirancang untuk

menyajikan komponen-komponen utama dan hubungan antaranya. Dengan menggunakan simbol-simbol grafis, blok diagram memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana sebuah sistem beroperasi, seperti terlihat pada gambar 13:

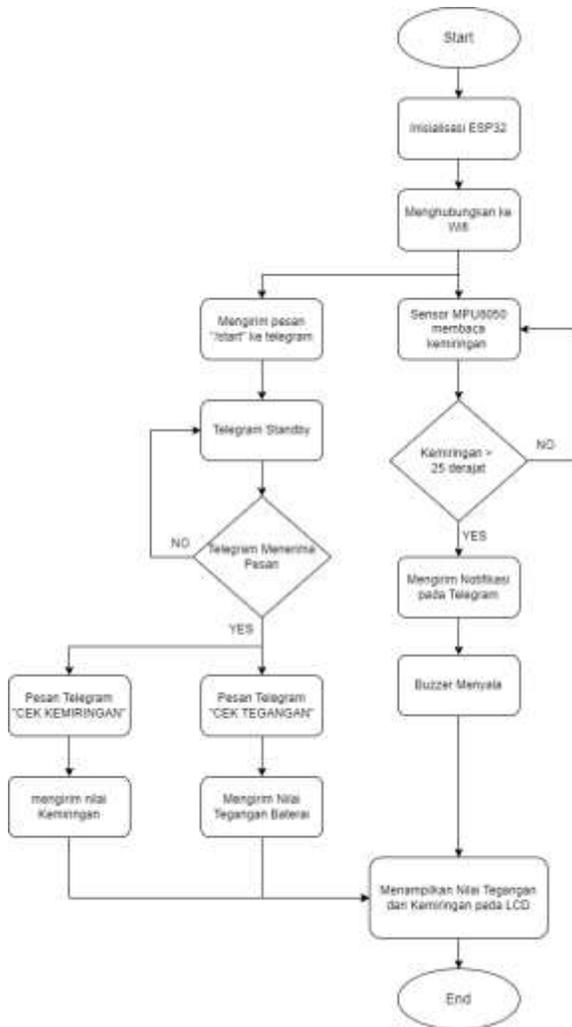


Gambar 13. Blok Diagram

Pada gambar 13 Solar panel yang digunakan adalah 10WP lalu energi akan diterima di solar charge dan akan disimpan baterai 12V yang diturunkan tegangannya menjadi 5V dengan step down sehingga dapat digunakan pada komponen seperti ESP32, buzzer, sensor MPU6050 dan sensor tegangan. Komponen input yang digunakan adalah sensor MPU6050 dan sensor tegangan. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kemiringan tanah adalah sensor MPU 6050 dan sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan baterai yang digunakan. Outputnya adalah LCD I2C 16x2, buzzer dan telegram, LCD digunakan untuk menampilkan nilai kemiringan tanah, buzzer digunakan sebagai alarm apabila terdeteksi kemiringan tanah. Telegram digunakan sebagai input dan output, inputnya adalah untuk meminta informasi mengenai kemiringan tanah dan nilai tegangan baterai, outputnya adalah sebagai notifikasi peringatan apabila kemiringan tanah sudah melebihi 25°. Modul GSM800L digunakan sebagai konektivitas antara alat dengan internet.

2.12 Flow Chart Keseluruhan

Optimisasi dilakukan untuk meningkatkan kinerja aplikasi yang telah dirancang, dengan penekanan pada desain mekanik dan perangkat lunak agar dapat digunakan secara maksimal dan menghindari kesalahan. Proses implementasi sistem perangkat lunak dan mekanik ditunjukkan dalam diagram alur yang disajikan pada Gambar 14 sebagai berikut:



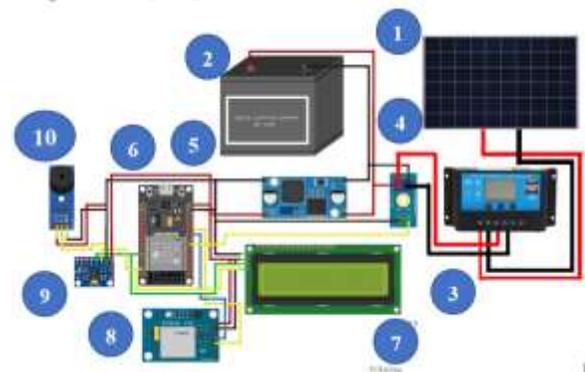
Gambar 14. Flow Chart Diagram

Flowchart pada gambar 3.2 alur yang berjalan pada alat pendeteksi longsor ini. Dimulai dari inialisai ESP32 yaitu ESP32 menjalankan semua perintah awal seperti membuat variabel, menset nama dan password wifi dan lain lain. Setelah itu ESP32 akan menghubungkan dengan

Wifi. Setelah terhubung alat pendeksi longsor ini bekerja dengan dua keadaan yaitu keadaan yang di tentukan melalui sensor dan juga keadaan yang ditentukan melalui telegram. Keadaan pertama yaitu melalui sensor adalah alat ini mengirimkan notifikasi pada ponsel melalui aplikasi telegram apabila kemiringan tanah yang terbaca sudah lebih dari 25° setelah notifikasi dari telegram di terima alat akan menyalakan buzzer secara terus menerus. adalah keadaan kedua yaitu keadaan yang bekerja dengan pesan yang diterima oleh bot telegram. Apabila bot telegram menerima pesan dengan teks “CEK TEGANGAN” maka alat akan mengirimkan nilai tegangan dengan membalas pesan tersebut. begitu juga halnya dengan “CEK KEMIRINGAN” akan membalas nilai kemiringan yang terbaca oleh sensor. Terakhir adalah nilai kemiringan dan baterai di tampilkan pada layar LCD 16x2 sehingga kemiringan tanah dapat dipantau secara realtime melalui LCD.

2.13 Perancangan Rangkaian Keseluruhan

Perancangan keseluruhan merupakan perancangan yang menampilkan keseluruhan komponen yang digunakan, mulai dari sensor, LCD, dan buzzer. Perancangan ini menggabungkan seluruh perancangan yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya kedalam satu gambar perancangan antara lain ESP32, sensor MPU6050, LCD I2C, dan buzzer, perancangan keseluruhan tersebut adalah sebagai gambar 15 berikut:

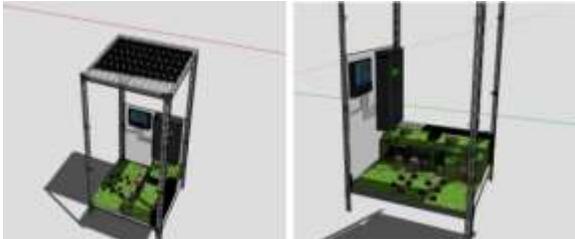


Gambar 15. Rancangan Rangkaian Keseluruhan

2.19 Perancangan Protoype Keseluruhan

Dalam merancang konstruksi alat reservasi parkir otomatis, digunakan perangkat lunak Sketchup.

Proses perancangan dimulai dengan menyesuaikan kedudukan alat pendeteksi tanah longsor ini, menentukan letak komponen, serta memilih peralatan dan bahan yang akan digunakan, sehingga alat pendeteksi tanah longsor yang dirancang dapat berfungsi secara optimal. Hasil desain perancangan konstruksi alat tersebut dapat dilihat pada gambar 16 di bawah ini.



Gambar 16. Desain Kontruksi Alat Pendeteksi Tanah Longsor

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian dan Analisis Panel Surya

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa dari panel surya berkapasitas 10 WP. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan konsistensi dan akurasi hasil. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai tegangan dan arus dari panel surya ketika berada di bawah terik matahari. Hasil dari pengujian tersebut adalah sebagai tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian panel surya hari pertama

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	22,1	0,43	9,63
2	22,1	0,44	9,81
3	22,2	0,44	9,86
4	22,2	0,44	9,90
5	22,2	0,45	9,95
6	22,3	0,45	10,04
7	22,3	0,45	10,04
8	22,4	0,46	10,17
9	22,5	0,46	10,21

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10	22,5	0,46	10,21
Rata-rata	22,28	0,444	9,982

Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian panel surya 10WP yang dilakukan sebanyak 10 kali, diperoleh nilai rata-rata tegangan sebesar 22,28 volt, rata-rata arus sebesar 0,444 ampere, dan rata-rata daya sebesar 9,982 watt. Nilai-nilai ini mendekati spesifikasi yang tercantum dalam datasheet, yaitu daya maksimal sekitar 10 watt pada kondisi optimal.

Performa panel surya ini menunjukkan konsistensi yang baik dalam rentang tegangan operasi yang diuji. Variasi tegangan yang kecil antara 22,1 hingga 22,5 volt menunjukkan stabilitas tegangan yang baik. Nilai arus yang berkisar antara 0,43 hingga 0,46 ampere juga menunjukkan variasi yang minimal.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran ini sesuai dengan datasheet panel surya 10WP, yang mengindikasikan bahwa panel surya ini bekerja dengan efisien dan sesuai spesifikasi yang diharapkan.

3.2 Pengujian dan Analisis Sumber Tegangan

Pengujian dan analisis ini dilakukan pada sumber tegangan yang ada pada alat pendeteksi longsor. Sumber tegangan tersebut antara lain sumber tegangan pada baterai, sumber tegangan keluaran stepdown dan sumber tegangan 3V yang berasal dari ESP32. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan menggunakan volt meter digital. Tabel 4.2 dibawah ini menunjukkan hasil dari pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Sumber Tegangan

No	Tegangan Baterai (V)	Stepdown (V)	3.3V ESP32 (V)
1	12,95	5,01	3,29
2	12,97	5,01	3,31

No	Tegangan Baterai (V)	Stepdown (V)	3.3V ESP32 (V)
3	12,98	5,02	3,31
4	13,02	5,04	3,31
5	13,02	5,04	3,32
6	13,04	5,06	3,32
7	13,06	5,06	3,32
8	13,09	5,06	3,32
9	13,16	5,06	3,33
10	13,19	5,07	3,33
Rata-rata	13,05	5,04	3,31

Berdasarkan analisis dari tabel 2 hasil pengujian tegangan pada alat pendeteksi tanah longsor berbasis IoT dan menggunakan PLTS, dapat disimpulkan bahwa tegangan baterai yang digunakan untuk menyalakan keseluruhan rangkaian berkisar antara 12,95V hingga 13,19V, dengan rata-rata 13,05V. Tegangan ini cukup tinggi, sehingga diperlukan modul stepdown untuk menurunkan tegangan ke tingkat yang sesuai untuk digunakan oleh komponen alat pendeteksi tanah longsor. Modul *stepdown* ini menghasilkan tegangan keluaran antara 5,01V hingga 5,07V, dengan rata-rata 5,04V, yang sesuai untuk kebutuhan operasional alat. Selain itu, tegangan 3,3V yang dihasilkan oleh ESP32 digunakan untuk menyalakan buzzer, dengan nilai yang terukur antara 3,29V hingga 3,33V, dan rata-rata 3,31V. Nilai-nilai tegangan ini sesuai dengan spesifikasi yang tercantum dalam datasheet masing-masing komponen, menunjukkan bahwa desain rangkaian telah mempertimbangkan kebutuhan tegangan yang tepat untuk setiap komponen, sehingga sistem dapat beroperasi dengan efisien dan efektif. Implementasi modul *stepdown* dan ESP32 dalam

sistem ini membuktikan bahwa desain rangkaian telah dirancang dengan baik untuk memastikan fungsionalitas dan keamanan perangkat dalam mendeteksi tanah longsor.

3.3 Pengujian dan Analisis Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 merupakan sensor kemiringan tanah atau lebih tepatnya sensor akselerasi yang mampu membaca sisi yaitu sisi x, y dan z. Kemiringan tanah menggunakan nilai sisi y yaitu apabila sensor dimiringkan ke sisi y maka nilai kemiringan tersebut terbaca oleh sensor. Pengujian pada sensor ini dilakukan dengan membandingkan sudut kemiringan dengan sudut sebenarnya yaitu membandingkan nilai pembacaan sensor dengan busur derajat. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali yaitu di uji mulai dari sudut nol hingga sudut 90°. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor MPU6050

No	MPU6050 (°)	Kemiringan Sesungguhnya (°)
1	6	8
2	13	15
3	14	16
4	29	31
5	35	36
6	36	37
7	37	38
8	56	57
9	54	55
10	76	77

3.4 Pengujian dan Analisa Sensor Tegangan

Sensor tegangan pada prototipe ini berfungsi untuk mengukur nilai tegangan baterai. Sensor ini memiliki kemampuan membaca tegangan DC dalam rentang 0V hingga 25V. Pengujian sensor

dilakukan dengan metode perbandingan antara nilai yang terbaca pada sensor dengan nilai yang diperoleh dari voltmeter. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

No	Sensor Tegangan (V)	Volt Meter (V)
1	12,73	12,82
2	12,75	12,91
3	12,77	12,96
4	12,79	12,87
5	12,81	12,94
6	12,84	12,91
7	12,86	12,96
8	12,88	12,92
9	12,90	13,05
10	12,92	12,95

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4, dapat dianalisis bahwa sensor tegangan memiliki konsistensi dalam pembacaan nilai tegangan DC dengan rentang 12,73V hingga 12,92V. Perbedaan pembacaan antara sensor tegangan dan voltmeter berkisar antara 0,03V hingga 0,1V. Perbedaan nilai ini dapat dijelaskan oleh faktor akurasi sensor yang digunakan, yang memungkinkan adanya sedikit selisih dari nilai sebenarnya yang terbaca oleh voltmeter. Meskipun terdapat perbedaan, rentang selisih yang ditemukan masih berada dalam batas toleransi data sheet yaitu 0,01V sampai 0,5V yang dapat diterima untuk penggunaan sensor tegangan pada baterai. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tegangan bekerja dengan baik dalam mengukur tegangan baterai dan dapat diandalkan untuk pemantauan tegangan dengan keakuratan yang memadai. Dengan demikian, bahwa sensor tegangan yang digunakan pada prototipe ini berfungsi dengan baik untuk mengukur tegangan

baterai, meskipun terdapat perbedaan kecil yang masih wajar.

3.5 Perhitungan Kapasitas, Durasi Pengisian Dan Pemakaian Baterai

Perhitungan yang dilakukan pada bagian ini merupakan bentuk analisis akan kebutuhan daya listrik sesuai dengan beban listrik yang digunakan pada perancangan pendeteksi tanah longsor ini, hal ini agar daya yang disediakan berupa baterai 12V dapat memasok seluruh kebutuhan daya listrik pada alat ini. tabel di bawah ini menunjukkan beban yang digunakan pada alat ini selama 2 jam adalah sebagai tabel 5 berikut:

Tabel 5. Penggunaan Beban

Komponen	Beban	Energi
Buzzer	0,09 Wh	0,18 Watt
LCD Display	1 Wh	2 Watt
ESP32	0,75 Wh	1,5 Watt
Total	1,84 Wh	3,68 Watt

Pada tabel 5 diasumsikan penggunaan beban tersebut dinyalakan selama 2 jam, maka total daya dari keseluruhan beban 1,84 Wh dengan total energi adalah 3,68 Watt. Total daya selama 2 jam ini akan menjadi nilai yang menentukan besaran baterai yang dibutuhkan untuk alat ini. Perhitungan untuk menentukan kapasitas baterai tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.5 berikut ini:

$$Q_{\text{baterai}} = \frac{\text{Energi}}{V_{\text{op}} (\text{nominal baterai})}$$

$$Q_{\text{baterai}} = \frac{3,68}{12}$$

$$Q_{\text{baterai}} = 0,306 \text{ Ah}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh kapasitas muatan baterai sebesar 0,306 Ah, dengan mempertimbangkan waktu selama 2 hari. Dalam menentukan kapasitas baterai, perencanaan dan pertimbangan terhadap waktu otonomi sangat penting. Waktu otonomi ini merujuk pada periode di mana baterai mampu menyediakan daya listrik tanpa bergantung pada

sinar matahari, yang umumnya diatur selama 2 hari. Namun, baterai tidak dibiarkan terkuras hingga habis 100%. Tingkat pengurusan baterai, yang dikenal sebagai *Deep Of Discharge* (DOD), biasanya diatur pada 75%. Pendekatan ini digunakan untuk mencegah kerusakan pada baterai dan untuk memperpanjang umur pakainya. Persamaan 2.6 berikut dapat digunakan untuk menentukan kapasitas baterai yang sesuai:

$$C = Q \text{ Baterai} = \frac{t \text{ otonomi}}{\text{tingkat pengosongan}}$$

$$C = 0,306 \text{ Ah} \frac{48}{0,75}$$

$$C = 0,195 \text{ Ah}$$

Berdasarkan evaluasi kebutuhan daya perangkat, diperlukan baterai dengan kapasitas sekitar 3,68 watt yang dapat bertahan selama 2 hari. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, baterai yang sesuai adalah dengan kapasitas sekitar 0,195 Ah pada tegangan 12 Volt DC. Dalam perancangan ini, dipilih jenis baterai VRLA (Valve Regulated Lead Acid) yang memiliki spesifikasi tegangan 12 Volt DC dan kapasitas 7,5 Ah.

Waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kapasitas baterai yang digunakan. Dengan menggunakan baterai berkapasitas 7,5 Ah, serta mempertimbangkan efisiensi sebesar 80% dan spesifikasi panel surya yang mampu menghasilkan arus maksimum 0,58 A, estimasi waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 berikut:

Estimasi Waktu Charge

$$= \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{Arus panel surya}}$$

$$\begin{aligned} \text{Estimasi Waktu Charge} &= \frac{7,5 \text{ Ah}}{80\% \times 0,58 \text{ A}} \\ &= 16 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Diperlukan waktu sekitar 16 jam untuk mengisi daya baterai berkapasitas 7,5 Ah saat panel surya menghasilkan daya pada tingkat maksimumnya. Baterai ini digunakan sebagai sumber energi untuk memberikan daya kepada beban. Seiring berjalannya waktu, daya pada baterai akan terkuras. Untuk menghitung estimasi waktu yang diperlukan untuk menghidupkan beban dari keadaan baterai penuh hingga kosong, dapat digunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

Estimasi Waktu discharge

$$= \frac{\text{Kapasitas baterai} \times \text{Tegangan baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{Total beban}}$$

Estimasi Waktu discharge

$$\begin{aligned} &= \frac{7,5 \text{ Ah} \times 12 \text{ V}}{80\% \times 3,68 \text{ W}} \\ &= 30,57 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan maka alat pendeteksi tanah longsor dengan menggunakan baterai 12V 7,5Ah menggunakan beban sebesar 3,68 W dan dapat bertahan dan terus menyala selama 30,57 jam mulai dari kapasitas baterai penuh hingga baterai habis.

3.6 Perhitungan Menentukan Panel Surya

Untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan energi matahari dalam sistem pendeteksi tanah longsor, menentukan jumlah panel surya yang tepat adalah hal yang penting. Ini bertujuan agar daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dialokasikan secara efektif untuk memenuhi kebutuhan beban. Panel surya yang digunakan adalah jenis polikristalin dengan spesifikasi 10WP. Estimasi jumlah panel yang diperlukan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 yang telah ditetapkan.

$$\text{Lama waktu radiasi} \quad (t_r) = \frac{\text{radiasi total harian}}{\text{intensitas radiasi modul surya}}$$

$$\text{Lama waktu radiasi} \quad (t_r) = \frac{4760}{1000}$$

$$\text{Lama waktu radiasi} \quad (t_r) = \frac{4760}{1000}$$

$$\text{Lama waktu radiasi} \quad (t_r) = 4,76 \text{ jam, setiap harinya}$$

Untuk menghitung jumlah panel surya yang diperlukan, kita menggunakan data spesifikasi teknis dari modul panel surya sebagai acuan untuk memperkirakan rata-rata output energi listrik. Perkiraan ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan jumlah panel yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut.

$$\begin{aligned} E_{\text{modul}} &= P_N \times t_r \\ E_{\text{modul}} &= 10 \text{ Wp} \times 4,76 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$E_{\text{modul}} = 47,6 \text{ Wh perharinya}$$

Dengan diasumsikan bahwa proses regenerasi baterai memerlukan waktu satu hari, kita dapat menggunakan rumus untuk menghitung jumlah modul yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan daya beban sebesar 3,68 Wh per hari. Dengan asumsi waktu otonomi selama 2 hari, perhitungannya adalah menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$\text{Jumlah modul } (N) = \frac{E_{\text{total}} \times t_{\text{otonomi}}}{E_{\text{modul}} \times t_{\text{regenerasi}}}$$

$$\text{Jumlah modul } (N) = \frac{3,68 \times 48}{47,6 \times 16}$$

$$\text{Jumlah modul } (N) = 0,23$$

Hasil dari perhitungan tersebut memperlihatkan bahwa panel surya yang dibutuhkan pada alat pendeteksi longsor ini adalah 0,23 buah panel surya 10WP hal ini menunjukkan penggunaan 1 panel surya dengan kapasitas 10WP sudah lebih dari cukup.

3.7 Perhitungan Waktu Evakuasi

Untuk menghitung waktu yang diperlukan bagi penduduk untuk meninggalkan radius atau area yang terkena dampak longsor (evakuasi dari zona bahaya), ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, termasuk jarak yang harus ditempuh dan kecepatan evakuasi. Dapat di hitung pada persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$t = \frac{\text{Jarak Evakuasi}}{\text{Kecepatan Longsor}}$$

Diasumsikan terjadi longsor dengan radius pengaruh sekitar 2.000 meter, dan penduduk harus dievakuasi ke zona aman yang berjarak sekitar 5.000 meter dari pusat longsor. Kecepatan tanah longsor 13,3 m/s , maka waktu evakuasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$t = \frac{5000 \text{ meter}}{13,3 \text{ meter/detik}} = 381,6 \text{ detik}$$

Untuk konversi waktu dari detik ke menit :

$$t = \frac{381,6 \text{ detik}}{60 \text{ detik/menit}} = 6,36 \text{ menit}$$

Penduduk membutuhkan sekitar 6,36 menit untuk mencapai zona aman dari radius longsor, dengan

asumsi bahwa kecepatan evakuasi tetap konstan dan tidak ada hambatan besar dalam perjalanan.

3.8 Pengujian Alat secara Keseluruhan

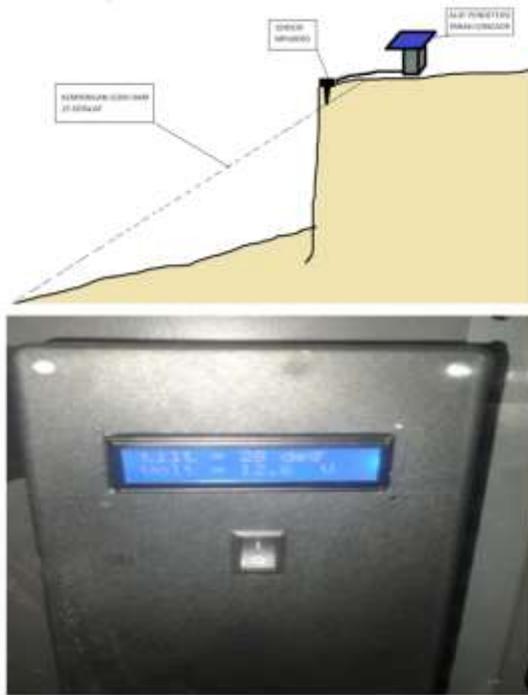
Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan untuk menguji keseluruhan fungsi pada alat pendeteksi longsor. Hal pertama yang dilakukan dalam pengujian ini adalah dengan menyalakan alat dengan cara menekan saklar yang ada, setelah itu alat akan menyala. Hal ini dilakukan setelah semua komponen yang diperlukan sudah terhubung secara keseluruhan dan sinyal wifi sudah dinyalakan. Apabila semua sudah dipersiapkan maka ketika menekan saklar maka alat akan otomatis terhubung dengan wifi, apabila telah terhubung maka alat akan bekerja ditandai dengan munculnya tampilan pada LCD yaitu ditunjukkan pada gambar 17 sebagai berikut:



Gambar 17. Tampilan LCD

Setelah LCD menampilkan karakter seperti pada gambar 4.1 di atas, maka tandanya alat sudah stand by dan siap dalam membaca kemiringan tanah. Kemiringan tanah yang akan memberikan trigger pada buzzer adalah kemiringan tanah lebih

dari 25°. Kemiringan yang melebihi 25° pada alat ini ditunjukkan pada gambar 18 sebagai berikut:



Gambar 18. Kemiringan Tanah Lebih dari 25°

Nilai kemiringan tanah di setel dengan angka lebih dari 25° dikarenakan kemiringan tersebut merupakan kemiringan yang berpotensi mengalami tanah longsor. Selain buzzer terdapat pula peringatan dalam bentuk notifikasi yang diterima pada aplikasi telegram yaitu ditunjukkan pada gambar 19 sebagai berikut:



Gambar 19. Notifikasi Telegram

Notifikasi pada telegram akan muncul apabila nilai kemiringan lebih dari 25° sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 4.3 di atas. Selain itu telegram juga difungsikan untuk mengecek nilai kemiringan dan tegangan baterai secara berkala yaitu dengan mengirimkan pesan ke Bot

Telegram tersebut maka Telegram akan membalas dengan hal yang diinginkan yaitu apabila mengirimkan pesan berupa “CEK TEGANGAN” maka Telegram akan membalas dengan nilai tegangan baterai. ditunjukkan pada gambar 20 sebagai berikut:



Gambar 20. Perintah Cek Tegangan

Mengirim pesan ke telegram “CEK TEGANGAN” maka Bot Telegram tersebut akan membalas dengan nilai tegangan baterai yang terbaca oleh sensor. Perintah lain adalah cek kemiringan yaitu dengan mengirimkan pesan “CEK KEMIRINGAN” pada Bot Telegram maka akan dibalas dengan nilai kemiringan yang terbaca yaitu ditunjukkan pada gambar 21 berikut:



Gambar 21. Perintah Cek Kemiringan

Kedua nilai tersebut seperti yang di tampilkan pada gambar 4.4 dan 4.5 selain dapat di cek berkala pada Telegram, nilai ini pun di tampilkan pada layar LCD. Fungsi dari telegram adalah apabila lokasi peletakkan alat sangat jauh maka pengecekan lewat telegram akan menjadi sangat efektif, di tambah fitur IoT yang memudahkan pengecekan nilai kemiringan atau nilai tegangan dimanapun dan kapanpun.

Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat pendeteksi tanah longsor ini bekerja sebagaimana sistem yang telah di rancang yaitu

dengan membaca nilai kemiringan mulai dari kemiringan 0° hingga 90° serta sistem yang di rancang apabila nilai kemiringan sensor lebih dari 25° maka buzzer akan berbunyi dan akan mengirimkan notifikasi pada telegram bekerja dengan baik. Selain itu terdapat pula fungsi pengecekan berkala pada tegangan baterai dan kemiringan tanah sehingga apabila kondisinya tidak memungkinkan untuk mengecek kondisi secara langsung maka fitur pengecekan dengan sistem IoT ini akan sangat berguna dan mempermudah pengecekan dari jarak jauh.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Maka kesimpulan yang dapat di ambil adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan panel surya untuk alat pendeteksi tanah longsor ini adalah 0,15 panel surya 10WP, sehingga satu panel surya 10WP sudah lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan daya alat tersebut.
2. Tegangan rata-rata baterai yang diukur adalah sebesar 13,05V. Baterai ini dirancang untuk diisi melalui panel surya dan akan digunakan sebagai sumber daya utama untuk menyalakan keseluruhan alat. Namun, tegangan baterai ini terlalu besar sehingga diperlukan modul stepdown untuk menurunkan tegangan guna memastikan komponen-komponen dalam alat tetap aman.
3. Berdasarkan beban yang digunakan pada alat pendeteksi longsor, baterai 12V 7,5 Ah dapat menyalakan alat ini selama 30,57 jam dengan total beban 3,68 watt.
4. Pengujian sensor MPU 6050 menunjukkan bahwa perbedaan antara sensor dengan sudut sesungguhnya memiliki perbandingan antara 1 hingga 2 derajat, yang mana hal ini sesuai dengan datasheet.
5. Pengujian sensor tegangan menunjukkan bahwa perbedaan antara sensor dan voltmeter

adalah antara 0,03 hingga 0,1V. Perbedaan ini disebabkan oleh akurasi sensor tersebut.

6. Hasil pengujian pada modul stepdown menunjukkan bahwa tegangan keluaran rata-rata adalah sebesar 5,04V, yang sesuai dengan spesifikasi fungsi stepdown sebagaimana tercantum dalam datasheet.
7. Pengukuran pada pin 3V3 dari ESP32 menunjukkan nilai tegangan sebesar 3,31V. Tegangan ini dihasilkan oleh ESP32 dan digunakan untuk menyalakan buzzer.
8. Hasil pengujian keseluruhan menunjukkan bahwa alat pendeteksi longsor ini dapat mendeteksi kemiringan tanah dan memberikan notifikasi serta alarm ketika kemiringan tanah melebihi 25° .
9. Kejadian tanah longsor dengan asumsi radius pengaruh sekitar 2.000 meter, dan penduduk harus dievakuasi ke zona aman yang berjarak sekitar 5.000 meter dari pusat longsor dengan kecepatan tanah longsor 13,3 m/s. Hasil perhitungan penduduk mempunyai waktu 6,36 menit untuk mengevakuasi diri dan meninggalkan lokasi tanah longsor.

4.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada bab IV, maka dapat diberikan saran bahwa penggunaan sensor dapat ditingkatkan dengan fungsi yang lebih akurat antara lain sensor incilometer, sensor piezo meter, sensor geopositioning, maupun sensor stabilizer defination GPS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalisa, Kalisa, Ali Nurdin, and Mohammad Fadhli. "Perancangan Alat Peringatan Dini Longsor dengan Sensor Ultrasonik dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things." Prosiding SENIATI 5.2 (2019).
- [2] Novi Herawadi Sudiby, Muhammad Ridho. "Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan

- Sensor Cahaya" Fakultas Ilmu Komputer, Informatics & Business Institute Darmajaya (2015)
- [3] Matheus Souisa, Sisca M. Sapulete, Sean O. Souisa "Estimasi Kecepatan Dan Panjang Larian Tanah Longsor Berdasarkan Pendekatan Longsor ELM" Jurnal Laboratorium Geosains Fisika Universitas Pattimura (2019): 57 – 58.
- [4] Arief Yusuf Effendi dan Teguh Hariyanto. "Pembuatan Peta Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Metode Logic Fuzzy Logic" Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh (2016): 2.
- [5] Janaloka, "Tipe Baterai yang Sesuai Dengan Sistem Panel Surya" 2017. [Online]. (di Akses pphotada 20 Mei 2024).
- [6] Greenmatch, "7 Berbagai Jenis Panel Surya Dijelaskan" [Online]. solar-panels , Diakses pada 20 – Mei- 2024.
- [7] Pradana, Michael Aditya Putra, dan Tjendro. "Prototype Sistem Kontrol Otomatis Pada Pembangkit Listrik Alternatif Tegangan Rendah", Volume 15 Nomor 2 2016.
- [8] D. Notosudjono dan F. Adzikri, Energi Baru dan Terbarukan, Bogor: Unpak Press, 2018.
- [9] Alifyanti, Dian Furqani., dan Juara Mangapul Tambunan. "Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLT S) 1000 WATT" Jurusan Teknik Elektro, STT PLN Jakarta, Vol 1, No 1.2016.
- [10] Notosudjono, Didik. "Renewable Energy Development Strategy In Indonesia", The Asian Alumni Workshop "Resilient Energy Systems". 2016.
- [11] Sanspower, "Jenis- Jenis Panel Surya", 2020 [Online]. Available : <https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang-bagus.html>, Diakses pada 1-Mei-2024).
- [12] Jackman, Josh. "The 6 different types of solar panels"2024 [Online]. Available : <https://www.sunsave.energy/solar-panels-advice/solar-technology/types>. Di akses pada 2-Mei-2024.
- [13] Chen, Zonghai., Zhengcheng Zhang, dan Khalil Amine. Chapter 1 - High Performance Lithium-Ion Batteries Using Fluorinated Compounds. Elsevier, 2015.
- [14] Janaloka, "Tipe Baterai yang Sesuai Dengan Sistem Panel Surya" 2017. [Online]. Available : <https://janaloka.com/tipe-baterai-yang-sesuai-untuk-sistem-panel-surya/> (di Akses pphotada 20 April 2024).
- [15] Kogler, georg. "Solar Charger Key Facts". 2022. [Online]. Available : <https://gk-electrics.com/en/solar-charger/#:~:text=A%20solar%20charger%20can%20recharge,that%20are%20connected%20to%20it..> Di akses pada 29-April-2024.
- [16] Satpathy, Rabindra dan Venkateswarlu Pamuru. (2020). Solar PV Power Design, Manufacturing and Applications from Sand to Systems, Academic Press.
- [17] Luque, Antonio, dan Steven Hegedus. (2011). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering (2nd), Wiley.
- [18] Espressif. "ESP32". [Online]. Available : <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. Di akses pada 20-April- 2024.
- [19] Tutorial, random nerd. "Getting Started with the ESP32 Development Board" [Online]. Available : <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>. Di akses pada 21-April-2024

- [20] Electrical4U. "Chopper | DC to DC Converter". 2020. [Online]. (di Akses pada 15 Mei 2024).
- [21] Elprocus, "A Brief Introduction to Chopper Circuits".[Online]. Available : <https://www.elprocus.com/a-brief-introduction-to-chopper-circuits/>. Di akses pada : 3 Juni 2024.
- [22] Lastminuteengineering, "Interface an I2C LCD with Arduino". [Online]. Available : <https://lastminuteengineers.com/i2c-lcd-arduino-tutorial/>. (di Akses pada : 3 Juni 2024)
- [23] Seedstudio." I2C LCD".[Online]. Available : https://wiki.seeedstudio.com/I2C_LCD/. Di akses pada 30 Mei 2024.
- [24] Viraj, A. K. P., and G. A. J. Amaratunga. "A monolithic cmos 5v/1v switched capacitor dc-dc step-down converter." 2007 IEEE Power Electronics Specialists Conference. IEEE, 2007.Kaul, Shiva, "(De)coding the MPU6050 and the Control Action". 2021. [Online]. (di Akses pada : 1 Juni 2024)
- [25] Dejan. "Arduino and MPU6050 Accelerometer and Gyroscope Tutorial".2019. [Online]. Available : <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-and-mpu6050-accelerometer-and-gyroscope-tutorial/>. Di akses pada 30-Mei-2024.
- [26] Ferdinan Nur Adam Wijaya, Sidik Noertjahjono, Yosep Agus Pranoto "Rancang Bangun Sistem Keamanan Pada Sepeda Motor Menggunakan SMS Gate Away Berbasis Mikrokontroler" Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.(2020): 114-115
- [27] Sianturi, Immanuel Ivan, Dedy Hamdani, and Eko Risdianto. "Design an Earthquake Early Warning System Based on Arduino Uno Microcontroller with Accelerometer-MPU6050 sensor and NodeMCU-ESP8266." Asian Journal of Science Education 6.1 (2024): 46-56.
- [28] Elprocus, "What is a Buzzer : Working & Its Applications".[Online]. Available : <https://www.elprocus.com/buzzer-working-applications/>. (di Akses pada : 3 Juni 2024).
- [29] Mungkin, Moranain, et al. "Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Pollycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis IoT." INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science3.2(2020):319-327. Design, Manufacturing and Applications from Sand to Systems, Academic Press.
- [30] Claudia, Roca. "What is Telegram and why is it so special?". 2022. [Online]. Available : <https://global.thepower.education/blog/what-is-telegram-and-why-is-it-so-special>. Di akses pada : 3 Juni 2024.

BIODATA PENULIS

- 1) **Mahardika Anggito S.T** Alumni (2019) Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – UniversitasPakuan. mahardikaanggito97@gmail.com
- 2) **Prof. Dr. Ing. Soewarto Hardhienata.** Dosen – Universitas Pakuan.
- 3) **Agustini Rodiah Machdi S.T, M.T.** Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan.