

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pergeseran tanah dan Tanah longsor

2.1.1 Definisi

Pergerakan tanah merupakan proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah gerak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Pergerakan ini dapat disebabkan oleh pengaruh gravitasi, arus air dan beban luar. Adapun bencana longsor menurut Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 (BNPB, 2007) Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Pergerakan tanah dan longsor sebenarnya memiliki keterkaitan, tetapi ada perbedaan dalam cakupan dan jenisnya. Pergerakan Tanah Ini adalah istilah umum yang mencakup semua bentuk gerakan material di permukaan tanah, baik itu tanah, batuan, ataupun material lainnya. Pergerakan tanah bisa terjadi dalam berbagai bentuk dan skala, seperti longsor, rayapan tanah, tanah ambles, atau pergerakan akibat gempa bumi. Fenomena ini bisa terjadi secara cepat atau lambat, tergantung pada penyebabnya. Longsor adalah salah satu jenis pergerakan tanah yang spesifik. Ini terjadi ketika massa tanah, batuan, atau material lain secara tiba-tiba meluncur atau merosot dari lereng yang curam.

Longsor biasanya disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor, seperti hujan deras, erosi, gempa bumi, atau aktivitas manusia seperti penebangan pohon yang membuat tanah kehilangan penyangga.

Menurut Badan geologi kementerian ESDM (KESDM, 2008), Tanah longsor adalah pergeseran tanah atau material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. adapun definisi menurut para ahli sebagai berikut :

1. Menurut Skempton dan Hutchinson (1969) menuturkan gerakan tanah atau tanah longsor didefinisikan sebagai gerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut.
2. Menurut Varnes (1978) mengusulkan terminologi gerakan lereng (*slope movement*) yang dianggap lebih tepat untuk mendefinisikan longsor yaitu sebagai gerakan material penyusun lereng ke arah bawah atau keluar lereng di bawah pengaruh gravitasi bumi.
3. Menurut Brunson (1984) menuturkan gerakan massa (*mass movement*) yang dianggap lebih tepat dipakai dalam mendefinisikan proses gerakan massa penyusun lereng, daripada istilah longsor (*landslide*) yang lebih populer dikenal di masyarakat.

2.1.2 Jenis jenis

Menurut Kementerian ESDM (KESDM, 2008), ada enam jenis pergeseran diantaranya translasi, rotasi, pergerakan tanah blok, runtuh batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut :

1. Translasi



Gambar 2. 1 Translasi

(Buklet gerakan tanah ESDM, 2008)

Translasi ialah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai. Gambar 2.1 menunjukkan bentuk longsoran translasi.

2. Rotasi

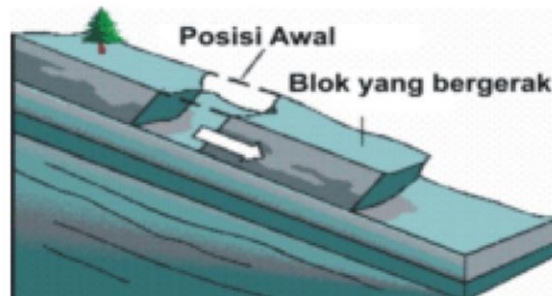


Gambar 2. 2 Rotasi

(Buklet gerakan tanah ESDM, 2008)

Rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Gambar 2.2 menunjukkan bentuk longsoran rotasi.

3. Pergerakan blok



Gambar 2. 3 Pergerakan blok

(Buklet gerakan tanah ESDM, 2008)

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu. Gambar 2.3 menunjukkan bentuk longsoran pergerakan blok.

4. Runtuhan batu

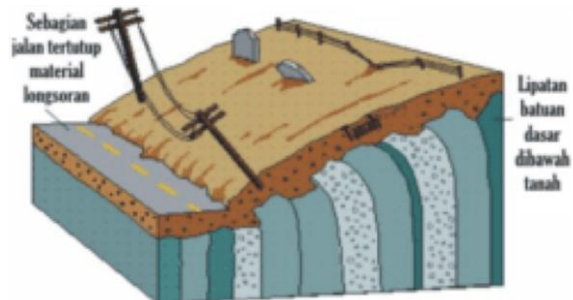


Gambar 2. 4 Runtuhan batu

(Buklet gerakan tanah ESDM, 2008)

Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah. Gambar 2.4 menunjukkan bentuk longsoran runtuhan batu.

5. Rayapan Tanah

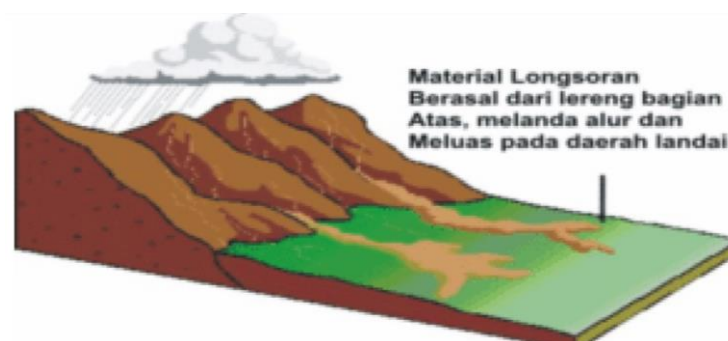


Gambar 2. 5 Rayapan Tanah

(Buklet gerakan tanah ESDM, 2008)

Rayapan Tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah. Gambar 2.5 menunjukkan bentuk longsor rayapan tanah.

6. Aliran bahan rombakan



Gambar 2. 6 Longsor aliran bahan rombakan

(Buklet gerakan tanah ESDM, 2008)

Aliran bahan rombakan yaitu jenis tanah longsor yang terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan

lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Dibeberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai disekitar gunung api. Gambar 2.6 menunjukkan bentuk longsor aliran bahan rombakan.

2.1.3 Penyebab terjadinya pergeseran tanah

Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG, 2016), Jawa Barat merupakan daerah paling rawan di Indonesia. Hal ini disebabkan karena Jawa Barat memiliki kondisi geografis yang hampir setengahnya berbukit dan berlembah.

Menurut Departemen ESDM (KESDM, 2008), ada beberapa faktor faktor penyebab pergeseran tanah, yakni :

- Hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai saat memasuki musim penghujan karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali.

- Lereng Terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180 apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

- Tanah yang kurang padat dan tebal

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dan sudut lereng lebih dari 220° . Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

- Batuan yang kurang kuat

Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

- Jenis tata lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsoran yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsoran lama.

- Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai, dan dinding rumah menjadi retak

- Susut muka air danau atau bendungan

Akibat susutnya muka air yang cepat di danau maka gaya penahan lereng menjadi hilang, dengan sudut kemiringan waduk 220 mudah terjadi longsor dan penurunan tanah yang biasanya diikuti oleh retakan.

- Adanya beban tambahan

Adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng, dan kendaraan akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, terutama di sekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Akibatnya adalah sering terjadinya penurunan tanah dan retakan yang arahnya ke arah lembah.

- Adanya material timbunan pada tebing

Untuk mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman umumnya dilakukan pemotongan tebing dan penimbunan lembah. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya. Sehingga apabila hujan akan terjadi penurunan tanah yang kemudian diikuti dengan retakan tanah.

- Pengikisan/erosi

Pengikisan banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing. Selain itu akibat penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai, tebing akan menjadi terjal.

2.2 PARAMETER PERGESERAN TANAH

Dilihat dari jenis jenis tanah longsor umumnya sama yaitu berupa gerakan tanah dimana Gerakan Tanah adalah perpindahan bahan pembentuk lereng (Tanah, Batuan, atau bahan timbunan lainnya). Dari gerakan tanah tersebut akan digunakan sebagai parameter utama untuk memantau pergeseran permukaan tanah. Sebelum terjadinya tanah longsor ada beberapa gejala yang menunjukkan potensi terjadinya tanah longsor. Dari gejala tersebut ambil gejala yang paling umum, dalam penelitian ini gejala yang dijadikan parameter ialah :

- Nilai pergeseran tanah
- Kemiringan tanah
- Nilai kelembaban tanah

2.3 ESP 32

ESP32 mempunyai 18 pin di setiap sisinya keseluruhan ada 36 pin di kedua papan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini. pada masing-masing pin memiliki beberapa fungsi yang dapat dikonfigurasi menggunakan *register* spesifik. Ada banyak jenis GPIO yang tersedia seperti input digital, *output* digital, *input* analog, dan output analog, sentuhan kapasitif, komunikasi UART dan fitur lainnya (Marek Babiuch, 2019). Gambar 2.7 menunjukkan pin ESP 32.



Gambar 2. 7 ESP 32

(Marek Babiuch, 2019)

ESP32-WROOM-32 adalah modul Wi-Fi+BT+BLE MCU generik yang kuat yang menargetkan berbagai macam aplikasi, mulai dari jaringan sensor berdaya rendah hingga tugas yang paling menuntut, seperti penyandian suara, *streaming* musik, dan penguraian kode MP3 . Inti dari modul ini adalah chip ESP32-D0WDQ6. Chip yang disematkan dirancang agar dapat diskalakan dan adaptif. Ada dua inti CPU yang dapat dikontrol secara individual, dan frekuensi jam CPU dapat disesuaikan dari 80 MHz hingga 240 MHz. Pengguna juga dapat mematikan CPU dan menggunakan co-prosesor berdaya rendah untuk terus memantau periferal untuk perubahan atau melewati ambang batas. ESP32 mengintegrasikan seperangkat periferal yang kaya, mulai dari sensor sentuh kapasitif, sensor Hall, antarmuka kartu SD, Ethernet, SPI berkecepatan tinggi, UART, I2S dan I2C (Marek Babiuch, 2019).

Berikut merupakan tabel keterangan pin pada ESP32 sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Pin ESP32

| No | Pin | Jumlah pin |
|----|---------|------------|
| 1 | Power | 2 |
| 2 | GND | 2 |
| 3 | Control | 6 |
| 4 | Touch | 9 |
| 5 | Arduino | 6 |
| 6 | GPIO | 25 |
| 7 | ADC | 15 |
| 8 | DAC | 2 |
| 9 | SPI | 12 |
| 10 | UART | 6 |
| 11 | EN | 1 |
| 12 | PWM | 25 |

Sumber : Alldatasheet, 2019

2.4 Rotary encoder

Rotary Encoder merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengubah sinyal seperti data atau bitstream ke dalam bentuk yang dapat diterima untuk transmisi data atau penyimpanan data. Umumnya ini dilakukan melalui suatu algoritme tertentu, terutama jika ada bagian yang berupa digital. *Rotary encoder* termasuk tipe *rotary encoder* yang dapat mengukur perubahan sudut relatif.



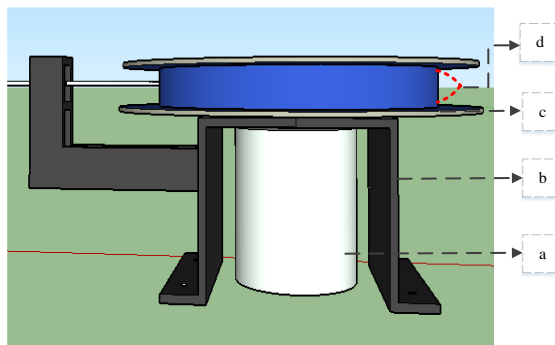
Gambar 2. 8 Incremental photoelectric rotary encoder

(Amazon, 2022)

Incremental encoder seperti ditunjukkan pada gambar 2.8 terdiri dari dua *track* atau *single track* dan dua sensor yang disebut channel A dan B. Ketika poros berputar, deretan pulsa akan muncul di masing-masing channel pada frekuensi yang proporsional dengan kecepatan putar sedangkan hubungan fasa antara channel A dan B menghasilkan arah putaran. Dengan menghitung jumlah pulsa yang terjadi terhadap resolusi piringan maka putaran dapat diukur. Untuk mengetahui arah putaran, dengan mengetahui channel mana yang *leading* terhadap channel satunya dapat kita tentukan arah putaran yang terjadi karena kedua channel tersebut akan selalu berbeda fasa seperempat putaran (*quadrature signal*). Seringkali terdapat output channel ketiga, disebut INDEX, yang menghasilkan satu pulsa perputaran berguna untuk menghitung jumlah putaran yang terjadi (Zada, 2019).

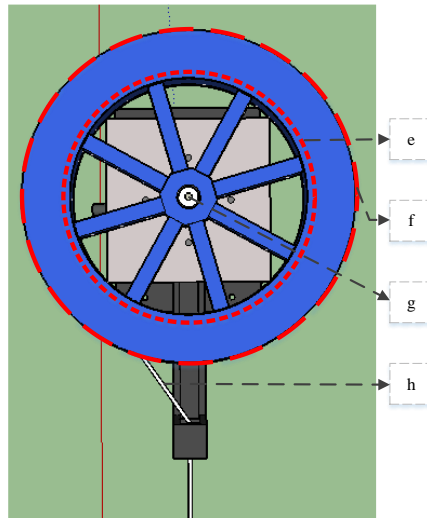
2.5 Mekanisme Rotary Encoder

Pada mekanisme *rotary encoder* dibantu dengan roda sensor. Roda sensor ini digunakan untuk membantu mengkonversikan nilai pulsa putaran encoder menjadi jarak.



Gambar 2. 9Bagian-bagian mekanisme rotary encoder

Gambar 2.9 menunjukkan bagian-bagian mekanisme *rotary encoder*. (a) menunjukkan desain *rotary encoder*, (b) menunjukkan bracket *rotary encoder*, (c) menunjukkan roda sensor dan simbol (d) menunjukkan tebal roda sensor.



Gambar 2. 10Bagian-bagian roda sensor tampak depan

Gambar 2.10 menunjukkan bagian-bagian roda sensor tampak depan. (e) menunjukkan jari-jari dalam roda sensor, (f) menunjukkan jari-jari luar roda sensor, (g) menunjukkan titik pusat roda sensor dan (h) menunjukkan tali penggerak untuk roda sensor.

(a) *Rotary Encoder*

Spesifikasi *Rotary encoder* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- Resolusi : ppr (pulse/rotasi)
- Revolusi : rpm (rotasi/menit)

(b) Bracket

Bracket digunakan untuk membuat *rotary encoder* tetap pada posisi dan tidak bergeser agar pembacaan *rotary encoder* objektif.

(c) Roda Sensor

Secara sederhana sensor ini menggunakan rumus keliling lingkaran, adapun rumus keliling lingkaran yaitu :

$$K = 2.\pi.r \quad 2.1$$

Ket. K : keliling

π : nilai phi

r : jari-jari

o Mekanisme bantu roda sensor

Untuk membaca pergeseran tanah ini menggunakan sebuah tali seperti pada gambar (h) yang terhubung ke roda sensor dimana pada saat tali tertarik maka akan menggerakkan roda sensor. pada saat roda sensor berputar akan memutarakan *rotary encoder*. Rotary encoder membaca nilai pulse putaran. Sehingga ketika nilai perubahan pulse terbaca akan mengetahui berapa nilai panjang tali yang tertarik.

o Hubungan resolusi dan keliling roda sensor

$$\text{Resolusi} = x \text{ ppr}$$

Dari spesifikasi rotary encoder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu x ppr yang dimana nilainya yaitu x pulse dalam satu rotasi atau putaran penuh 360°. Sehingga didapat persamaan :

$$\text{Resolusi} = \text{Rotasi}$$

$$X \frac{\text{Pulse}}{1} = \frac{360}{1}$$

$$\text{Pulse} = \frac{360}{x} \quad 2.2$$

Dari persamaan diatas bisa digunakan untuk mencari nilai sudut untuk tiap 1 pulse dari rotary encoder yang digunakan dalam penelitian ini.

Dengan penyelesaian sebagai berikut :

$$\begin{aligned}x \text{ ppr} &= 360^\circ \\ \text{pulse} &= \frac{360}{x} \\ &= 360/x^\circ\end{aligned}$$

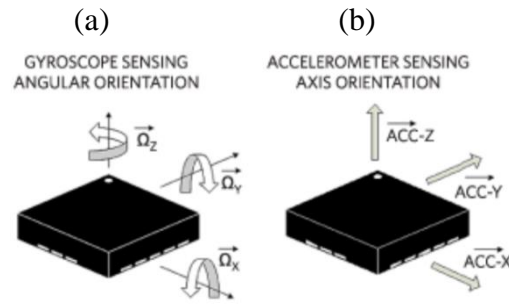
Dari hasil persamaan tersebut didapat untuk 1 pulse dari rotary encoder mewakili $360/x^\circ$. Berikutnya mencari jarak pada sisi keliling dengan nilai pulse. Nilai keliling dari sebuah lingkaran dari roda sensor yaitu 30,0184 cm untuk satu rotasi. Maka didapat persamaan nilai resolusi dan keliling lingkaran :

$$\begin{aligned}\text{Resolusi} &= \text{Keliling} \\ X \frac{\text{Pulse}}{1} &= \frac{\text{Keliling} \cdot 1}{x} \\ \text{Pulse} &= \frac{K}{x} \quad 2.3\end{aligned}$$

- Gesekan tali terhadap bracket dalam penelitian ini dianggap nol

2.6 MPU 6050

MPU-6050 adalah perangkat *MotionTracking* 6-sumbu terintegrasi pertama di dunia yang menggabungkan *gyroscope* 3-sumbu seperti pada gambar, akselerometer 3-sumbu seperti pada gambar, dan *Digital Motion Processor* (InvenSense, 2013).



Gambar 2. 11 (a) Gyroskop (b) Akselerometer

Gambar 2.11 (a) menunjukkan sudut atau putaran arah giroskop dan gambar 2.11 (b) menunjukkan arah orientasi akselerometer. Komponen giroskop, akselerometer dan komponen lainnya semuanya terintegrasi dalam paket kecil 4x4x0.9 mm seperti pada gambar 2.11.



Gambar 2. 12 MPU 6050

(Amazon, 2020)

MPU 6050 ditunjukkan pada gambar 2.12 dengan bus sensor I2C khusus, secara langsung menerima input dari kompas 3-sumbu eksternal untuk memberikan keluaran *MotionFusion* 9-sumbu lengkap.

Perangkat *MotionTracking* MPU-6050, dengan integrasi 6-sumbu, *MotionFusion on-board*, dan *firmware kalibrasi run-time*, memungkinkan produsen untuk menghilangkan pemilihan, kualifikasi, dan integrasi tingkat sistem perangkat diskrit yang mahal dan kompleks, menjamin gerakan yang optimal kinerja bagi konsumen. MPU-6050 juga dirancang untuk berinteraksi

dengan beberapa sensor digital non inersia, seperti sensor tekanan, pada port I2C tambahannya. MPU 6050 ini memiliki beberapa fitur sebagai berikut :

2.6.1 Fitur Girooskop

Gyroscope MEMS triple-axis di MPU-60X0 mencakup berbagai fitur (InvenSense, 2013) :

- Sensor kecepatan sudut X-, Y-, dan Z-Axis keluaran digital (*gyroscope*) dengan rentang skala penuh yang dapat diprogram pengguna ± 250 , ± 500 , ± 1000 , dan $\pm 20000^\circ/\text{dtk}$.
- Sinyal sinkronisasi eksternal yang terhubung ke pin FSYNC mendukung sinkronisasi gambar, video, dan GPS.
- ADC 16-bit terintegrasi memungkinkan pengambilan sampel *gyroscope* secara simultan.
- Peningkatan bias dan stabilitas suhu sensitivitas mengurangi kebutuhan akan kalibrasi pengguna.
- Peningkatan kinerja kebisingan frekuensi rendah.
- *Filter low-pass* yang dapat diprogram secara digital.
- Arus operasi girooskop: 3.6mA.
- Arus siaga: 5 μ A.
- Faktor skala sensitivitas yang dikalibrasi pabrik.

2.6.2 Fitur Akselerometer

Akselerometer MEMS *triple-axis* di MPU-60X0 mencakup berbagai fitur (InvenSense, 2013) :

- Akselerometer tiga sumbu keluaran digital dengan rentang skala penuh yang dapat diprogram $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, dan $\pm 16g$.
- ADC 16-bit terintegrasi memungkinkan pengambilan sampel akselerometer secara simultan tanpa memerlukan *multiplexer eksternal*.
- Akselerometer arus operasi normal: $500\mu A$.
- Arus mode akselerometer daya rendah: $10\mu A$ pada 1.25Hz, $20\mu A$ pada 5Hz, $60\mu A$ pada 20Hz, $110\mu A$ pada 40Hz.
- Deteksi orientasi dan pensinyalan.
- Deteksi ketuk.
- Interupsi yang dapat diprogram pengguna.
- Interupsi G tinggi.

2.6.3 Digital Motion Processor

- Mesin Internal *Digital Motion Processing* (DMP) mendukung *3D Motion Processing* dan algoritma pengenalan gerakan
- MPU-60X0 mengumpulkan data giroskop dan akselerometer sambil menyinkronkan pengambilan sampel data pada kecepatan yang ditentukan pengguna. Total *datasheet* yang diperoleh MPU-60X0 meliputi data giroskop 3 Sumbu, data akselerometer 3 Sumbu, dan data suhu. Output terhitung MPU ke prosesor sistem juga dapat menyertakan data heading dari magnetometer pihak ketiga 3-sumbu digital.
- FIFO menyangga kumpulan data lengkap, mengurangi persyaratan waktu pada prosesor sistem dengan memungkinkan prosesor membaca data FIFO. Setelah membaca data FIFO secara beruntun, prosesor sistem dapat

menghemat daya dengan memasuki mode tidur berdaya rendah sementara MPU mengumpulkan lebih banyak data.

- Interupsi yang dapat diprogram mendukung fitur-fitur seperti pengenalan gerakan, *panning*, *zooming*, *scrolling*, deteksi gerakan nol, deteksi ketukan, dan deteksi goyangan
- *Filter low-pass* yang dapat diprogram secara digital
- Fungsi pedometer berdaya rendah memungkinkan prosesor host untuk tidur sementara DMP mempertahankan hitungan langkah.

2.6.4 Fitur tambahan

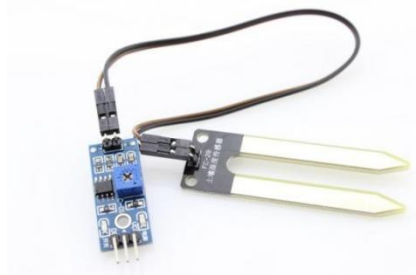
MPU-60X0 mencakup fitur tambahan berikut (InvenSense, 2013) :

- *9-Axis Motion Fusion* oleh *Digital Motion Processor (DMP) on-chip*.
- Bus master I2C tambahan untuk membaca data dari sensor eksternal (misalnya, magnetometer).
- Arus operasi 3.9mA ketika semua 6 sumbu penginderaan gerak dan DMP diaktifkan.
- Rentang tegangan suplai VDD 2.375V-3.46V.
- Tegangan referensi VLOGIC yang fleksibel mendukung beberapa tegangan antarmuka I2C .
- Paket QFN terkecil dan tertipis untuk perangkat portabel: 4x4x0.9mm.
- Sensitivitas sumbu silang minimal antara sumbu akselerometer dan giroskop.
- *Buffer FIFO* 1024 byte mengurangi konsumsi daya dengan memungkinkan *prosesor host* membaca data secara berurutan dan kemudian beralih ke mode daya rendah saat MPU mengumpulkan lebih banyak data.

- Filter digital yang dapat diprogram pengguna untuk giroskop, akselerometer, dan sensor suhu.
- 10.000 g toleran guncangan.
- 400kHz Fast Mode I2C untuk berkomunikasi dengan semua register.

2.7 Soil Moisture

Modul sensor kelembaban tanah digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah. Digunakan untuk mengukur kandungan *volumetrik* air di dalam tanah dan memberi kita tingkat kelembaban sebagai output (Mohamad Amin. 2019). Sensor *soil moisture* atau kelembaban tanah ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Soil Moisture

(Amazon, 2020)

Tabel 2. 2 Pin Modul Soil Moisture

| NO | PIN | KETERANGAN |
|----|-----|--|
| 1 | VCC | Pin Vcc memberi daya pada modul, biasanya dengan +5V |
| 2 | GND | Grounding |
| 3 | D0 | Pin Keluar Digital untuk Keluaran Digital |
| 4 | A0 | Pin Keluar Analog untuk Keluaran Analog |

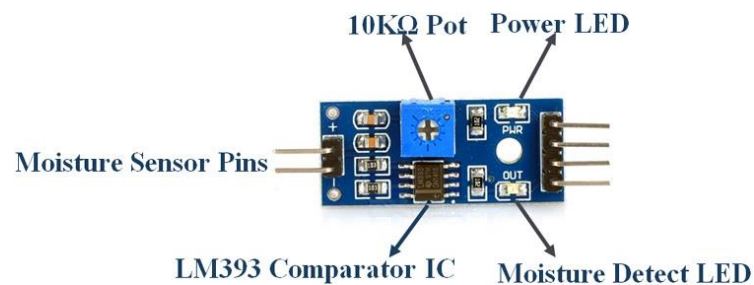
Sumber : Syam Ramadhan, 2021

Modul ini memiliki output digital dan analog seperti pada tabel 2.2 serta potensiometer untuk menyesuaikan tingkat ambang batas. Modul ini mendukung serta mempermudah dalam pengaplikasiannya karena didukung

beberapa fitur. Adapun Fitur & Spesifikasi Modul Sensor Kelembaban Tanah (Mohamad Amin. 2019) adalah sebagai berikut :

- Tegangan Operasi: 3.3V ke 5V DC
- Operasi Saat Ini: 15mA
- Output Digital - 0V hingga 5V, Level pemacu yang dapat disesuaikan dari preset
- Output Analog - 0V hingga 5V berdasarkan radiasi inframerah dari nyala api yang jatuh pada sensor
- LED menunjukkan output dan daya
- Ukuran PCB: 3.2cm x 1.4cm
- Desain berbasis LM393
- Mudah digunakan dengan Mikrokontroler atau bahkan dengan IC Digital/Analog normal
- Kecil, murah dan mudah didapat

Modul Moisture sensor ini terdiri dari Moisture sensor, Resistor, Capacitor, Potensiometer, Comparator IC LM393, Power dan Status LED dalam satu rangkaian terintegrasi modul sensor ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Modul soil moisture sensor

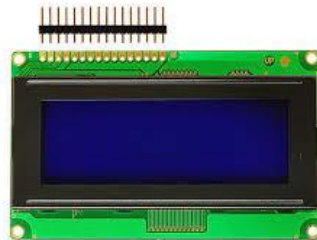
(components, 2021)

IC Comparator LM393 pada gambar 2.14 digunakan sebagai pembanding tegangan pada modul Moisture sensor ini. Pin 2 dari LM393 terhubung ke Preset (10K Ω Pot) sedangkan pin 3 terhubung ke pin sensor Kelembaban. IC komparator akan membandingkan tegangan threshold yang ditetapkan menggunakan preset (pin2) dan pin sensor (pin3) (Mohamad Amin, 2019).

Pin Sensor kelembaban terdiri dari dua probe yang digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah. Probe sensor kelembaban dilapisi dengan emas imersi yang melindungi Nikel dari oksidasi. Kedua probe ini digunakan untuk melewatkan arus melalui tanah dan kemudian sensor membaca resistansi untuk mendapatkan nilai kelembaban (Mohamad Amin, 2019).

2.8 LCD (Liquid Cristal Display)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf atau angka. *Liquid Cristal Display* adalah salah satu jenis *display electronic* yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit* (Futurelec, 2022). LCD 4x20 ditunjukkan pada gambar 2.15



Gambar 2. 15 LCD (*Liquid Cristal Display*)

(Umayya, 2017)

LCD 4x20 ini memiliki 16 pin. Berbagai macam pin koneksi LCD 4x20 dijelaskan pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Pin LCD

| NO | PIN | LEVEL | KETERANGAN |
|----|-----|-------|---------------------|
| 1 | Vss | | GND (0V) |
| 2 | Vdd | | Vcc (5V 5%) |
| 3 | V0 | | Penyesuaian Kontras |
| 4 | RS | H/L | Daftar Pilih |
| 5 | R/W | H/L | Baca tulis |
| 6 | E | H/L | Aktifkan Sinyal |
| 7 | DB0 | H/L | Data Bit 0 |
| 8 | DB1 | H/L | Data Bit 1 |
| 9 | DB2 | H/L | Data Bit 2 |
| 10 | DB3 | H/L | Data Bit 3 |
| 11 | DB4 | H/L | Data Bit 4 |
| 12 | DB5 | H/L | Data Bit 5 |
| 13 | DB6 | H/L | Data Bit 6 |
| 14 | DB7 | H/L | Data Bit 7 |
| 15 | NC | | Tidak terhubung |
| 16 | NC | | Tidak terhubung |

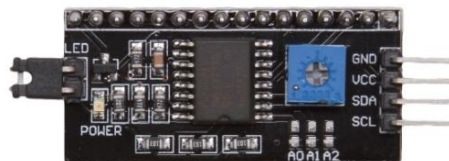
Sumber : Alldatasheet 2018

Berikut fitur pada LCD 4x20 (Futurelec. 2022) sebagai berikut :

- 20 Karakter x 4 Baris
- 5 x 8 Titik dengan Kursor
- *Built in Controller* (HD44780 atau setara)
- + Catu Daya 5V
- 1/16 Lingkaran Tugas
- Sesuai RoHS

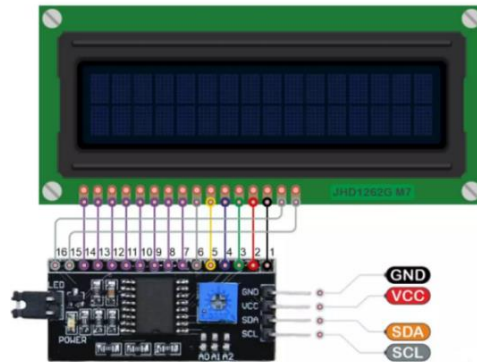
2.9 Modul I2C

Komunikasi I2C (*Inter-Integrated Circuit*) merupakan koneksi dibuat untuk menyediakan komunikasi antara perangkat-perangkat terintegrasi, Komunikasi I2C bersifat *synchronous* namun berbeda dengan SPI karena I2C menggunakan protocol dan hanya menggunakan dua kabel untuk komunikasi, yaitu *Synchronous clock* (SCL) dan *Synchronous data* (SDA). Ini adalah modul layar LCD antarmuka I2C, karakter berkualitas tinggi dengan penyesuaian kontrol kontras on-board, lampu latar dan antarmuka komunikasi I2C. Tidak ada lagi koneksi sirkuit driver LCD yang rumit (Fikri, 2019). Keuntungan signifikansi nyata dari modul LCD Serial I2C ini akan menyederhanakan koneksi sirkuit, menghemat beberapa pin I/O pada papan Arduino, menyederhanakan pengembangan *firmware* dengan perpustakaan Arduino yang tersedia secara luas (Fikri, 2019). Modul I2C ditunjukkan pada gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Modul I2C

Fungsi dari I2C pada gambar 2.16 ini untuk mengurangi jumlah pin yang digunakan LCD, karena banyaknya koneksi dapat meningkatkan kemungkinan galat karena jika 1 koneksi saja terputus maka dapat mengganggu kinerja dari LCD tersebut. Sehingga, tujuan dari rangkaian ini adalah untuk menghemat pin pada ESP32 dan meringkas koneksi sehingga dapat meminimalisir galat dan memudahkan dalam memecahkan masalah ketika terjadi masalah pada tampilan LCD (Fikri, 2019). Koneksi antara LCD dan I2C ditunjukkan pada gambar 2.17.



Gambar 2. 17 LCD dan I2C

(Techtonions, 2018)

Seperti pada gambar diatas pin LCD dengan jumlah 16 pin, dengan menggunakan I2C jumlah pin koneksi menjadi 2 pin yaitu pin SDA dan SCL. Adapun untuk spesifikasi modul I2C dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut.

Tabel 2. 4 Spesifikasi modul I2C

| NO | NAMA | SPEKIFIKASI |
|----|----------------|--|
| 1 | Tegangan kerja | VCC, GND, D0, A0 |
| 2 | | Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat |
| 3 | | Dilengkapi Trimpot pengatur lampu dan kontras layar |
| 4 | | Hanya 4 pin utk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND) |
| 5 | Device Address | 0x27 atau 0x3F |
| 6 | | Dapat digunakan untuk LCD 16x2 ataupun 20x4 |
| 7 | Ukuran | 41.5x19x15.3mm |

Sumber : Alldatasheet, 2019

I2C ialah komunikasi serial dua arah dengan dua saluran untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan

SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya (Fikri, 2019).

2.10 Baterai



Gambar 2. 18 Baterai

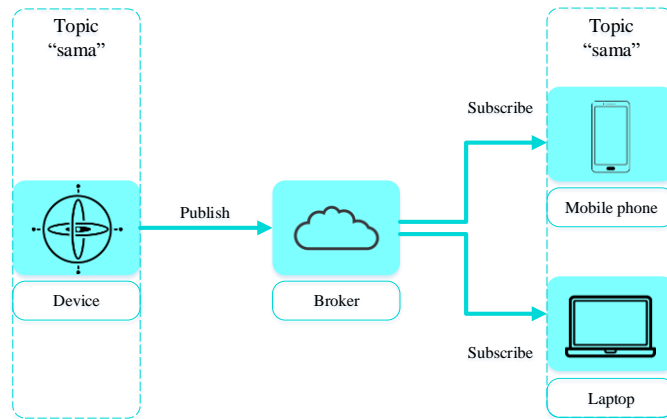
(Research Gate, 2022)

Baterai berperan sebagai energi cadangan ketika sumber listrik utama terputus. Pada pengisian baterai terjadi reaksi elektrokimia charging dan discharging. Proses charging ini bekerja saat baterai berfungsi sebagai beban serta sumber energinya dari listrik utama, sementara itu proses discharging adalah ketika baterai menjadi sumber energi untuk sumber energi suatu beban (Xiang Li dkk, 2020). Gambar 2.18 menunjukkan baterai.

2.11 MQTT

MQTT adalah protokol perpesanan standar OASIS untuk *Internet of Things* (IoT). Ini dirancang sebagai transportasi perpesanan terbitkan/berlangganan yang sangat ringan yang ideal untuk menghubungkan perangkat jarak jauh dengan jejak kode kecil dan bandwidth jaringan minimal. MQTT saat ini digunakan di berbagai industri, seperti otomotif, manufaktur, telekomunikasi, minyak dan gas (Xiang Li dkk, 2020).

Cara kerja MQTT dalam penelitian ini ditunjukkan dalam gambar 2.19 dari device mempublish data ke broker dan dari mobile phone mensubscribe data dari broker.



Gambar 2. 19 MQTT works

Pada gambar 2.19 MQTT memiliki beberapa versi seperti Mqtt 5.0 , Mqtt 3.1.1 , Mqtt 3.1 dan Mqtt-SNv1.2 . Protokol ini memiliki beberapa fitur meliputi (AKCP, 2021)

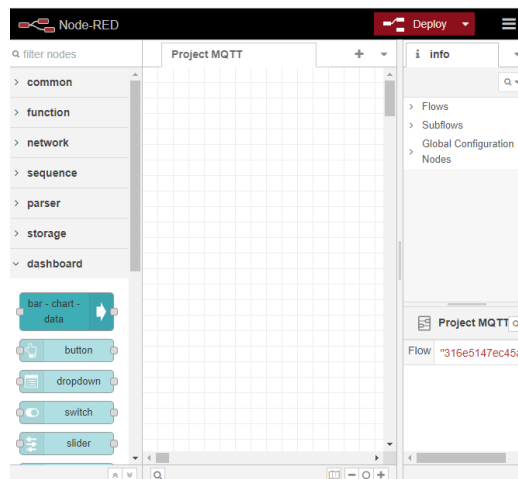
- Pola pesan publish/subscribe untuk menyediakan distribusi pesan satu-ke-banyak dan pemisahan aplikasi.
- Transport perpesanan yang agnostik terhadap konten payload.
- Penggunaan TCP/IP untuk menyediakan konektivitas jaringan dasar.
- Tiga kualitas layanan untuk pengiriman pesan:
 - "Paling banyak sekali", di mana pesan dikirim sesuai dengan upaya terbaik dari jaringan TCP/IP yang mendasarinya. Kehilangan atau duplikasi pesan dapat terjadi. Level ini dapat digunakan, misalnya, dengan data sensor lingkungan di mana tidak masalah jika satu pembacaan hilang karena pembacaan berikutnya akan segera dipublikasikan.
 - "Setidaknya sekali", di mana pesan dipastikan sampai tetapi duplikat dapat terjadi.

- "Tepat sekali", di mana pesan dipastikan sampai tepat satu kali. Tingkat ini dapat digunakan, misalnya, dengan sistem penagihan di mana pesan duplikat atau hilang dapat menyebabkan penerapan biaya yang salah.
- Overhead transportasi kecil (header dengan panjang tetap hanya 2 byte), dan pertukaran protokol diminimalkan untuk mengurangi lalu lintas jaringan.
- Mekanisme untuk memberi tahu pihak yang berkepentingan tentang pemutusan hubungan klien yang tidak normal menggunakan fitur Surat Wasiat Terakhir dan Wasiat.

2.12 Node-RED

Node-RED adalah suatu alat pemrograman untuk menghubungkan perangkat-perangkat keras, API, dan layanan online dengan cara yang baru dan menarik. Node-RED memberikan editor berbasis browser yang memudahkan pengguna untuk menghubungkan flow dengan penggunaan node yang luas di dalam *palette* yang dapat langsung diterapkan. Node-RED digunakan bersama dengan MQTT, dan platform/protokol lain (Carey J. O, 2005).

Node-RED dibangun di atas Node.js, memanfaatkan sepenuhnya model non-pemblokiran yang didorong oleh peristiwa. Ini membuatnya ideal untuk dijalankan di tepi jaringan pada perangkat keras berbiaya rendah seperti Raspberry Pi dan juga di cloud. Alur yang dibuat di Node-RED disimpan menggunakan JSON yang dapat dengan mudah diimpor dan diekspor untuk dibagikan dengan orang lain (nodered.org, 2022).



Gambar 2. 20 Tampilan utama node-red

Gambar 2.20 merupakan tampilan utama dari Node-RED memiliki beberapa fungsi untuk membuat tampilan dashboard yang salah satunya digunakan untuk project IoT.

2.13 MySQL

MySQL adalah sistem manajemen database relasional (RDBMS) open-source berbasis SQL yang bekerja dengan model client-server. MySQL berdirikan model client and server, Komputer yang memasang dan menjalankan software RDBMS disebut sebagai client. Agar bisa mengakses data, komputer harus terhubung dengan server RDBMS atau manajemen database relasional terlebih dulu. Keadaan seperti inilah yang disebut client-server. baik client maupun server, keduanya menggunakan bahasa spesifik domain – Structured Query Language (SQL). Jika Anda pernah melihat atau membaca beberapa nama yang dikombinasikan dengan SQL, misalnya PostgreSQL dan Microsoft SQL, maka server tersebut biasanya menggunakan syntax SQL (Agus Setyawan, 2020).

2.14 State of the art

Penyusunan penelitian ini terinspirasi dan mereferensi juga dari penelitian penelitian yang sebelumnya yang berkaitan dengan latar belakang penelitian ini.

Tabel 2.6 Berikut merupakan perbandingan penelitian penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini.

Tabel 2. 5 Perbandingan penelitian sebelumnya

| NO | NAMA TAHUN | JUDUL | METODE | PARAMET ER | HASIL |
|----|--|--|--|--|---|
| 1 | Muhammad husnul hakim, Slamet winardi; 2022 | sistem pendeteksi dini tanah longsor menggunakan sensor vibration berbasis internet of things | Studi literatur Observasi perencanaa n | Ada 3 kriteria : Sensor Getar, sensor hujan dan Sensor tarik. | Menunjukkan bahwa hasil dari pengujian dari sistem ini yaitu setiap pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD sesuai dengan yang diharapkan. |
| 2 | Agus Setyawan; 2020 | Peringatan Dini Tanah Longsor Berdasarkan Kelembaban Tanah Secara Jarak Jauh Menggunakan Sensor FC-28 dan Node MCU | Studi literatur Observasi perencanaa n | Ada 1 kriteria : Sensor kelembaban | Menunjukkan bahwa hasil dari pengujian dari sistem ini yaitu setiap pembacaan sensor akan memberikan notifikasi yang ditampilkan pada telegram berupa nilai kelembaban tanah dalam persen (%) |

| | | | | | |
|---|---|--|---------------------------------------|---|--|
| 3 | Muh Reza Maulana; 2020 | Rancang bangun sistem deteksi tanah longsor menggunakan sensor gyroscope dan hygrometer berbasis IoT | Studi literatur Observasi perencanaan | Ada 2 Kriteria : Sensor gyroscope dan sensor hygrometer | Sistem berjalan sesuai tujuan yaitu memberikan notifikasi berisi data kemiringan tanah dan kelembaban tanah menggunakan Telegram. |
| 4 | M. Irfan Syarif Anwar; 2020 | perancangan sistem pendeteksi tanah longsor menggunakan sensor rotary encoder berbasis iot | Studi literatur Observasi perencanaan | Ada 1 Kriteria : Digital Rotary encoder KY-040 | Sistem berjalan sesuai tujuan pengiriman data sensor rotary encoder dari modul GSM ke Antares telah dapat menampilkan nilai jarak pergeseran longsor tanah setiap 17 detik |
| 5 | Febyano Ilham Dwinata, Ika Ning Prasetyowati Permanasari, Mahardika Yoga Darmawan ; 2019 | Aplikasi sensor cahaya bh1750 sebagai sistem pendeteksi longsor berbasis pergeseran tanah | Studi literatur Observasi perencanaan | Ada 1 kriteria : Sensor Cahaya | Merancang prototype pendeteksi longsor berbasis sensor cahaya untuk mengukur pergeseran tanah pada bidang rawan longsor, Implementasi prototype pendeteksi tanah longsor diunggah pada platform antares.id |

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|--|
| 6 | Meisya Bahreza Bilah, Haris Erdyanto, Taufik Anwar Sholikin ; 2018 | Thor (pendeteksi tanah longsor): deteksi bencana tanah longsor menggunakan sensor “tasbih” berbasis sms gateway | Studi literatur Observasi perencanaan n | Ada 1 kriteria : Sensor Tasbih (menggunakan 10 buah paku yang dihubungkan ke kabel email) | Sistem kerja alat ini yaitu setiap terjadi pergeseran tanah akan dideteksi oleh sensor tasbih yang dipasang pada tanah tersebut. Jika pergeseran tanah mampu membuat sensor tasbih (tipis) terputus, maka buzzer akan berbunyi dan data sensor akan diproses oleh arduino yang akan mengirimkan sms. |
|---|--|---|---|---|--|

Pada penelitian sebelumnya ada yang menggunakan control ESP8266 dan ada juga yang menggunakan Arduino kemudian menggunakan modul gsm untuk mengirim datanya. Untuk sensor ada yang menggunakan kelembaban tanah dan sensor giroskop. Ada juga yang menggunakan sensor getaran, sensor hujan. Kemudian pada penelitian lain ada yang menggunakan rotary encoder saja. Pada penelitian lain juga ada yang menggunakan sensor cahaya.

Untuk sistem yang membedakan dengan penelitian sebelumnya yaitu menggunakan komunikasi data mqtt, kemudian menggunakan node-red untuk tampilan *dashboard* nya dan menggunakan mysql untuk penyimpanan datanya. Pada penelitian sebelumnya umumnya menggunakan *platform yang open source* seperti firebase dan antares.

Dari penelitian sebelumnya dikaji untuk mendapat parameter yang efektif untuk membaca pergeseran tanah longsor. Parameter yang umum dan efektif diantaranya ada *rotary encoder* untuk pergeseran tanah tentunya dengan penyempurnaan mekanisme gerakannya. Kemudian giroskop untuk sensor kemiringan tanah dan kelembaban tanah untuk mengetahui kondisi tanah tersebut basah atau kering dan sebagainya. Untuk kontrolernya menggunakan esp32 dengan spesifikasi lebih tinggi dari esp8266.