

Sistem Pemantauan Pergerakan Dan Kemiringan Tanah Sebagai Peringatan Dini Terhadap Tanah Longsor Berbasis IOT

Naufal Nurfauzan Surayana¹, Timur Dali Purwanto²

^{1,2} Electrical Engineering Departement , Bina Darma University, Palembang, Indonesia
Email: ¹ noval444@gmail.com, ²timur.dali.purwanto@binadarma.ac.id

Abstract

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di daerah pegunungan, perbukitan, lereng yang curam, maupun tebing, serta pada permukaan tanah miring. Bukan hanya menjadi momok yang menakutkan bagi masyarakat karena dampaknya yang dapat merugikan secara moril maupun materil, tanah longsor juga menjadi salah satu bencana yang menakutkan bagi industri yang berada di kaki gunung maupun di lereng perbukitan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Berdasarkan peristiwa tersebut adanya alat pemantau kemiringan dan pergeseran tanah sangatlah dibutuhkan guna mencegah maupun meminimalisir kerugian akibat tanah longsor tersebut. Dengan menggunakan beberapa sensor seperti, sensor rotary encoder yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan tanah secara horizontal, sensor Barometer BMP180 untuk mendeteksi pergerakan tanah secara vertikal, serta sensor Gyroscope GPU6050 untuk mendeteksi kemiringan tanah. Setelah terjadi pergerakan pada tanah dirasakan oleh sensor-sensor tersebut kontroller pada sensor tersebut akan mengirimkan data yang didapat ke LCD dan menuju ke rangkaian lain sebagai penerima melalui perantara LoRA dengan menggunakan sinyal radio untuk kemudian disebar ke beberapa orang yang bertanggung jawab dengan menggunakan IOT berupa telegram. Pada rangkaian penerima ini terjadi proses pemilahan data yang diterima, dimana ketika data yang diterima melebihi ambang batas yang telah ditentukan maka akan langsung mengirimkan pesan yang berbunyi "AWAS RAWAN LONGSOR" sekaligus membunyikan buzzer yang terdapat pada rangkaian tersebut.

Kata Kunci: Peringatan dini, tanah longsor, *Rotary Encoder*, Gyroscope GPU6050, BMP180, *Internet Of Things*.

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di kawasan Indonesia. Tanah longsor ini biasanya sering terjadi di daerah pegunungan, bukit, lereng yang curam, maupun tebing. Tak jarang tanah longsor juga terjadi di lahan pertanian dan perkebunan yang posisinya terletak di tanah miring. Tanah longsor merupakan peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah atau bahkan campuran keduanya dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) yang dibuat oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) ditahun 2017 tercatat sebanyak 2.156 kejadian bencana alam yang terjadi di Indonesia. Bencana alam terdiri dari Puting Beliung dengan 645 kejadian, Banjir dengan 729 kejadian, Tanah Longsor 573 kejadian dan sisanya adalah bencana alam seperti Kebakaran Hutan dan Lahan, Kekeringan, Gelombang Pasang, Gempa Bumi dan Letusan Gunung Api.[1]

Bukan hanya menjadi momok yang menakutkan bagi masyarakat, tanah longsor juga menjadi salah satu bencana yang menakutkan bagi industri yang berada di kaki gunung maupun di lereng perbukitan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Pembangkit listrik yang memanfaatkan uap yang mengalir dari dalam bumi ini memang banyak terdapat di daerah perbukitan bahkan di lereng gunung. Hal ini disebabkan karena sumber panas tersebut di dapat dari magma yang ada didalam perut bumi yang biasanya ada disekitar gugusan gunung berapi.

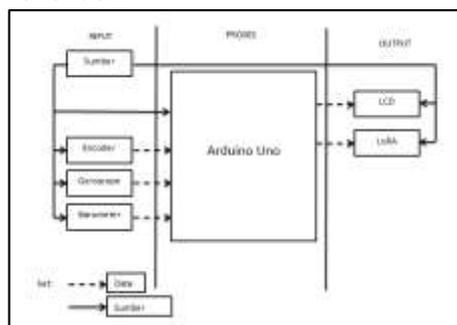
Terletak di daerah perbukitan ditambah dengan curah hujan yang cukup tinggi didaerah tersebut menyebabkan tanah longsor menjadi bencana yang dapat terjadi kapan saja tanpa mengenal waktu, oleh karena itu dibutuhkan sebuah system peringatan dini yang dapat memberikan gambaran langsung tentang kondisi tanah di tempat-tempat yang terdapat fasilitas pembangkit tersebut agar jika terdapat suatu anomali pergerakan tanah pada daerah tersebut dapat cepat dilakukan pencegahan ataupun untuk meminimalisir korban dan kerugian akibat rusaknya fasilitas pembangkit.

Early warning sistem atau di singkat EWS adalah alat pendeteksi dini tanah longsor sementara saat ini, alat tersebut bekerja jika terjadi pergerakan tanah, maka alat tersebut mampu memberikan sinyal dan memicu suara seperti bunyi sirine. Pengembangan pada alat tersebut di perlukan supaya informasi yang didapat penanggung jawab perusahaan lebih tepat waktu untuk pencegahan dan penanganan bencana tanah longsor yang lebih efisien dan efektif [2]

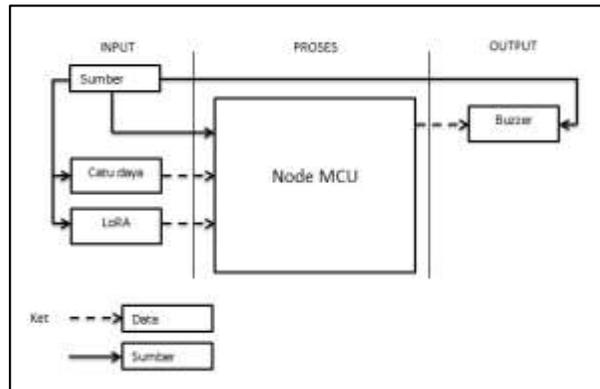
Tanah longsor terjadi karena bergesernya sejumlah massa tanah dalam skala besar maupun kecil dengan gerakan perlahan ataupun spontan yang umumnya disebabkan faktor alam antara lain kondisi geologi, curah hujan dan topografi selain itu, getaran atau gempa bumi dapat mempengaruhi stabilitas lereng dimana faktor alam diatas adalah faktor diluar kendali manusia. [3] .Hal tersebutlah yang menarik perhatian penulis untuk merancang suatu alat yang diharapkan dapat membantu membantu perusahaan menyadari bahaya longsor yang akan segera tiba. Dengan dibuatnya **Sistem pemantauan pergerakan dan kemiringan tanah sebagai peringatan dini terhadap tanah longsor berbasis IOT (*Internet Of Things*)** ini memberikan kemudahan dalam penggunaannya dan memberikan kontribusi bagi pengembangan sistem peringatan dini terhadap bencana tanah longsor.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Blok Diagram Penelitian



Gambar 1. Blok Diagram Penelitian Pengirim



Gambar 2. Blok Diagram Penelitian Penerima

Dalam rangkaian simulasi sistem pemantauan pergerakan dan kemiringan tanah sebagai peringatan dini terhadap tanah longsor berbasis iot.

2.2. Solar Cell

Solar cell atau panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. *Photovoltaic* biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *Photovoltaic* [4]

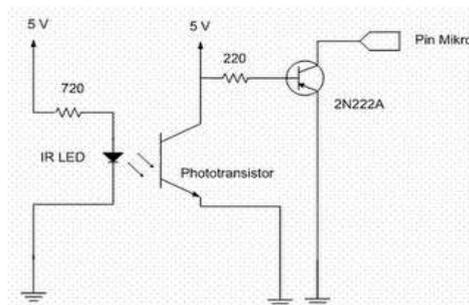


Gambar 3. Solar Panel

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan

arus short-circuit dalam skala mili ampere per cm². Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12V dalam kondisi penyinaran standar. Modul surya dapat digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan.[4]

2.3 Sensor rotary encoder



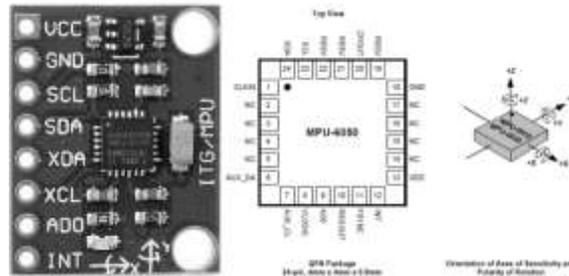
Gambar 4. Rangkaian Sensor encoder

Sensor Penyandi (*Encoder*) digunakan untuk mengubah gerakan linear atau putaran menjadi sinyal digital, dimana sensor putaran memonitor gerakan putar dari suatu alat. Sensor ini biasanya terdiri dari 2 lapis jenis penyandi, yaitu; Pertama, Penyandi rotari tambahan (yang mentransmisikan jumlah tertentu dari pulsa untuk masing-masing putaran) yang akan membangkitkan gelombang kotak pada objek yang diputar. Kedua, Penyandi absolut (yang memperlengkapi kode binary tertentu untuk masing-masing posisi sudut) mempunyai cara kerja sang sama dengan perkecualian, lebih banyak atau lebih rapat pulsa gelombang kotak yang dihasilkan sehingga membentuk suatu pengkodean dalam susunan tertentu. Masih banyak kekurangan dalam pengoperasian alat teknologi pada saat ini yaitu pada tingkat accuracy, *safety* dan juga kemudahan dalam pengaplikasiannya. Oleh karena itu maka dibutuhkan Sensor. Sensor adalah suatu alat yang mempermudah kerja user dengan tingkat kesalahan kecil dan mudah untuk dioperasikan.[5]

2.4 Sensor Gyroscope

Sensor *Gyroscope* (MPU6050) merupakan perangkat *Motion Tracking* pertama di dunia yang terintegrasi 6 axis dengan menggabungkan 3 axis MPU6050 dan 3 axis gyroscope serta Digital Motion Processor yang semuanya dalam paket ukuran kecil, 4x4x0.9 mm. Sensor MPU6050 dilengkapi dengan tiga konverter ADC (*Analog Digital Converter*) 16 bit untuk mengkonversi keluaran gyroscope dan tiga konverter ADC 16 bit untuk mengkonversi keluaran MPU6050. Untuk mengetahui presisi baik cepat ataupun lambat gerakan, gyroscope diprogram dengan penggunaan full scale berkisar antara ± 250 , ± 500 , ± 1000 , dan ± 2000 ° / detik (dps) dan pada MPU6050 diprogram dengan penggunaan full scale berkisar antara ± 2 g, ± 4 g, ± 8 g, dan ± 16 g. MPU6050

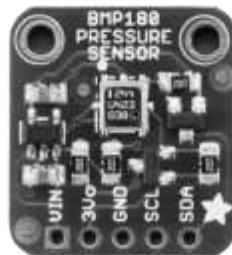
beroperasi pada tegangan 2.375 V- 3.46 V. MPU6050 hanya mendukung Serial Interface[6].



Gambar 5. Sensor MPU6050

2.5 Sensor BMP180

Bmp180 adalah sensor tekanan barometrik (*digital barometric pressure sensor*) dari Bosch Sensortec yang berkinerja sangat tinggi yang dapat diaplikasikan pada berbagai perangkat bergerak seperti smartphone, komputer tablet, dan peralatan olah raga portabel. Sensor ini bekerja dengan menghubungkan antara mikro dengan sensor adalah melalui jalur SCL dan SDA pada kedua komponen. Prinsip kerja sensor BMP180 (khususnya dalam mengukur tekanan udara) akan mendeteksi ketinggian suatu obyek dengan memanfaatkan tekanan udara ketika sensor berada di ketinggian pada suatu tempat atau wilayah [7][8].



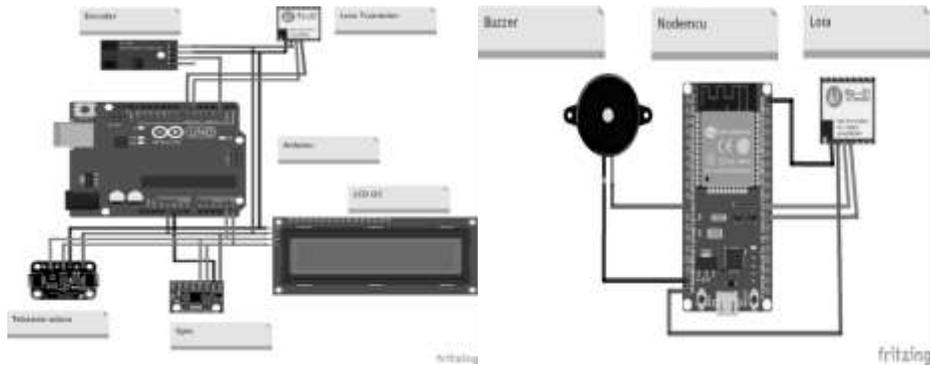
Gambar 6. Sensor BMP180

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan *Hardware*

Perencanaan *Hardware* ialah alat yang akan dibuat yang diawali dengan membuat blok diagram rancangan secara keseluruhan. Perencanaan ini mencakup pada pemilihan komponen yang akan dipakai, pembuatan rangkaian skematik dan layout komponen, pemasangan komponen dan tahap yang terakhir yaitu *finishing*. Hardware yang

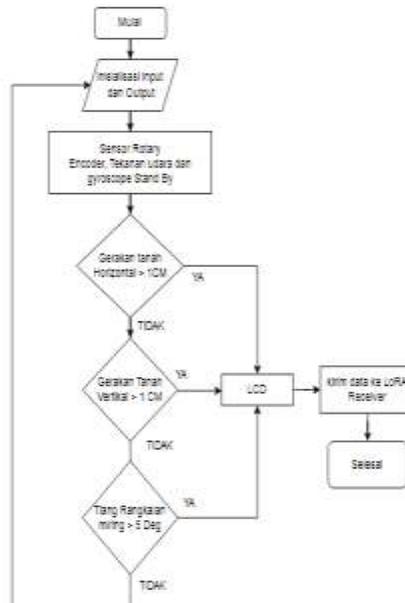
digunakan adalah komponen yang digunakan dalam perancangan ini yaitu sensor-sensor, mikrokontroler yang berupa NodeMCU dan Arduino beserta outputnya yang berupa *buzzer*.



Gambar 7. Skematik sistem pengirim dan Skematik sistem penerima

3.2 Perancangan Alat

Pada tahap perancangan alat ini memiliki tujuan agar selama pembuatan alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan hingga akhir, sehingga alat dapat digunakan dengan *output* yang diinginkan. Gambar 8 adalah *flowchart* dari perancangan alat.



Gambar 8. *Flowchart* Alat

Pada saat program dimulai, program akan memulainya dengan menginisialisasi pin dan variable. Inisialisasi ini dibutuhkan supaya kontroller tau dimana pin input sensor diletakkan dan jenis variabel data apa yang akan diterima oleh kontroller serta letak pin komponen output yang akan dijadikan sebagai media komunikasi kontroller dengan media lain ataupun manusia. Selanjutnya setelah melakukan inisialisasi, kontroller akan membaca data yang telah dikirimkan oleh sensor-sensor yang dipakai didalam sistem ini dimana ketiga sensor yang digunakan yaitu sensor rotary encoder, sensor barometer, dan sensor gyroscope masing-masing mengirimkan data digital berupa variasi data 0 dan 1 atau 0 dan 5V. setelah kontroller mendapatkan data dari sensor proses selanjutnya kontroller akan menerjemahkan data tersebut untuk kemudian mengirimkannya ke modul komponen lain dalam hal ini adalah modul LCD dan LoRa. Data yang dikirimkan pun akan sama yaitu data digital yang kemudian akan diolah lagi di masing-masing modul komponen output tersebut, LCD akan mengubah data tersebut ke bentuk visual berupa angka dan huruf yang dapat di baca manusia sedangkan pada modul LoRa akan mengubahnya menjadi gelombang radio dengan frakuensi tertentu dan mengirimkannya ke sistem penerima.

3.3 Cara Kerja

1. Sistem Pengirim

Pada sistem pengirim terdapat 2 sensor utama yaitu sensor *Rotary encoder* sebagai sensor yang akan memantau pergerakan tanah secara diagonal, dan sensor barometer yang akan memantau pergerakan tanah secara vertikal. 1 sensor lainnya yaitu sensor *gyroscope* akan berperan sebagai sensor yang akan mendeteksi kemiringan yang diakibatkan oleh miringnya support tempat rangkaian ini diletakkan. Pada sensor *rotary encoder* akan dipasang *roller* yang kemudian dililitkan tali dimana tali ini akan ditarik ke tebing yang berpotensi untuk longsor, pada titik tersebutlah titik 0 akan ditetapkan dan ketika terjadi pergeseran tanah pada titik tersebut tali yang terhubung pada sensor ini akan tertarik dan membuat putaran pada sensor tersebut, putaran tersebutlah yang akan dijadikan masukan jarak pergerakan tanah secara horizontal. Pada sensor kedua yaitu sensor barometric, sensor ini akan mengukur perbedaan tekanan udara dan menkonversikannya dalam bentuk jarak ketinggian, dan hal itulah yang akan dibaca sebagai masukan dari pergerakan tanah secara vertikal. Sensor yang terakhir yaitu sensor *gyroscope* akan membaca nilai kemiring tempat rangkaian alat ini ditaruh sebagai akibat dari habisnya lilitan tali pada sensor *rotary encoder* atau bisa juga karena support tempat rangkaian ini diletakkan ikut juga terimbas tanah longsor tersebut. Data-data diatas akan dikirimkan melalui LoRA ke rangkaian penerima. LoRA ini memanfaatkan sinyal gelombang Radio Frekuensi sebagai media pengiriman data.

2. Sistem Penerima

Sistem ini baru bekerja apabila mendapatkan kiriman data dari rangkaian pengirim. Setelah sistem ini menerima data, sistem ini akan memproses data yang diterima dengan cara memilah data tersebut, apabila data yang diterima diklasifikasikan sebagai data yang aman maka sistem hanya akan mengirimkan data tersebut melalui IOT ke orang yang sudah dipilih, akan tetapi apabila data yang dikirimkan diklasifikasikan sebagai data yang tidak aman, maka sistem ini tidak hanya akan mengirimkan data tersebut tapi juga akan

membunyikan *buzzer* tanda bahaya.

3.4 Hasil Pengujian Sensor *Sensor Barometer BMP180*

Dengan membandingkan nilai yang didapat dari alat hasil rancangan dengan hasil perhitungan konversi nilai tekanan udara maka didapatkan hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor *Barometer BMP180*

No	Tekanan Udara (hPa) prototipe	Ketinggian (m) prototipe	Hasil perhitungan (m)	Error %
1	1010.75	19	20.83	8.7
2	1008.95	34	36.8	7.6
3	1007.07	48	51.58	6.9
4	1005.43	62	65.31	5
5	1003.9	73	78.14	6.5
6	1002.36	86	91.06	5.5
7	100.68	99	105.18	5.8
8	999.08	113	118.65	4.7
Rata-rata Error				6.33

3.5 Hasil Pengujian Sensor Gyroscope MPU6050

Proses pengujian pengukuran sudut menggunakan sensor gyroscope MPU6050 ini dilakukan dengan cara menggerak-gerakkan sensor secara memutar pada salah satu sumbu untuk mendapatkan pengukuran sudut pada salah satu sumbu. Hasil pengukuran menggunakan sensor gyroscope MPU6050 tersebut kemudian dibandingkan dengan pengukuran sudut menggunakan alat klinometer sederhana. Hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 2.



Gambar 9. Pengujian Sensor Gyroscope MPU6050

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Gyroscope MPU6050

No	Pembacaan klinometer	Pembacaan sensor	Error %
1	0°	0.32°	-
2	10°	11.32°	13.2
3	20°	24.16°	20.3
4	30°	35.35°	17.6
5	40°	46.12°	15.3
6	50°	55.77°	11.5

No	Pembacaan klinometer	Pembacaan sensor	Error %
7	60°	67.04°	11.7
8	70°	77.08°	10.1
9	80	88.32°	10.4
10	90	97.12°	7.9
Rata-rata Error			11.8

3.6 Analisa

Dari hasil pengukuran, perhitungan dan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan analisa hasil sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran dan perhitungan dalam rancang bangun ini didapatkan hasil yang memuaskan. Dengan persentase kesalahan masih berada dibawah 2%, artinya hasil tersebut dikatakan baik.
2. Pada pengujian sensor rotary encoder didapatkan selisih pembacaan antara alat dan meteran yang digunakan. Perbedaan yang didapat antara 1 cm – 7 cm dengan besaran persentase rata-rata di 7.39 % pada 10 nilai data yang diuji.
3. Meskipun terdapat error sebesar 10 % pada jarak uji 10 cm namun error tersebut masih dalam rentang error rata-rata sensor
4. Pengujian yang dilakuakan pada sensor barometer BMP180 didapatkan hasil error sebesar 4.7% - 8.7% dengan perbedaan ketinggian ukur sebesar 2 – 6 meter MDPL, dengan rata-rata error sebesar 6.33%.
5. Pada tabel pengujian diatas dapat diketahui bahwa sensor gyroscope MPU6050 memiliki resolusi pengukuran sudut hingga 0,01 derajat dengan rentang pengukuran 0 – 90 derajat pengukuran juga diketahui masih terdapat kesalahan dalam pembacaan sudut yang berkisar antara 0 – 20%. Dengan rentang selisih antara hasil pembacaan sensor dan klinometer 0-8°.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengukuran pada rangkaian alat didapat hasil error rata-rata dibawah 2% yang dapat dikatakan bahwa rangkaian tersebut dalam keadaan baik
2. Pada pengujian sensor rotary encoder didapatkan hasil error rata-rata sebesar 7.39% dimana nilai tersebut masih dibawah rentang toleransi sensor sebesar 10%
3. Hasil pengujian sensor barometer BMP180 berada di rata-rata error sebesar 6.33% dan dengan error sebesar itu, nilai tersebut masih dalam batas toleransi sensor tersebut yang berada di 10%
4. Pada tabel pengujian diatas dapat diketahui bahwa sensor gyroscope MPU6050 memiliki error dalam pembacaan sudut yang berkisar antara 0 – 20%. Error yang besar tersebut terjadinya getaran dan ketidakstabilan gerakan yang dilakukan saat menggerakkan sensor karena sensor gyroscope MPU6050 ini memiliki sifat yang sensitif terhadap getaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BNPB. 2017. “Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI)”. <http://bnpb.cloud/dibi/laporan>
- [2] I. Mustiadi, L. Listyalina, P. Studi, T. Elektro, and U. R. Yogyakarta, “Aplikasi

- Landslide Early Warning System Untuk Pengurangan Resiko Bencana Application Of Landslide Early Warning System,” pp. 1–12, 2019.
- [3] Diah Parwati, N. K., Wiharta, D. M. and Setiawan, W. (2018) ‘Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor Dengan Sensor Hygrometer Dan Piezoelectric’, Jurnal SPEKTRUM, 5(2), p. 183. doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p23.
- [4] Hasyim Asyhari, dkk, Jurnal Pemanfaatan Solar Cell dengan PLN sebagai Sumber Energi Litrik, Surakarta
- [5] Fikri, A. A. and Endryansyah (2019) ‘Sistem Pengaturan PID Motor DC Sebagai Penggerak Mini Conveyor Berbasis Matlab’, Jurnal Teknik Elektro, 8(2), pp. 293–301.
- [6] S. Yunia Ulfa and G. Ahmad Pauzi, “Desain dan Realisasi Alat Pendeteksi Perubahan Tingkat Kemiringan Tanah sebagai Penyebab Tanah Longsor Menggunakan Sensor Potensio Linier Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535,” Jurnal.Fmipa.Unila.Ac.Id, vol. 04, no. 01, pp. 29–36, 2016.
- [7] Amaluddin, F. and Haryoko, A. (2019) ‘Analisa Sensor Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Ketinggian Air Laut Berbasis Mikrokontroler’, Antivirus : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika, 13(2), pp. 98–104. doi: 10.35457/antivirus.v13i2.843
- [8] Fatihin, K., Dedy Irawan, J. and Primaswara Prasetya, R. (2020) ‘Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengukur Cuaca Menggunakan Minimum System Arduino’, JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 4(1), pp. 303–310. doi: 10.36040/jati.v4i1.2355