

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN SENSOR ROTARY ENCODER BERBASIS IoT

DESIGN LANDSLIDE DETECTION SYSTEM WITH ROTARY ENCODER SENSOR BASED ON IoT

M. Irfan Syarif Anwar¹, Dr. M. Ary Murti, S.T., M.T.², Dr. Husneni Mukhtar, S.Si., M.T.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia

¹irfansyarif@student.telkomuniversity.ac.id, ²arymurti@telkomuniveristy.co.id,

³husneni.mukhtar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergeseran massa batuan atau massa tanah. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BPNN) pada tahun 2019, di Jawa Barat terjadi tanah longsor sebanyak 108 kali dan di Jawa Tengah sebanyak 158 kali. Penyebab utama terjadinya tanah longsor di Indonesia berasal dari dua faktor yaitu iklim dan tata letak geografis nya. Iklim tropis Indonesia dengan curah hujan yang tinggi mengakibatkan tanah menjadi lapuk. Tata letak geografis Indonesia terletak pada cincin api pasifik yang merupakan jalur gempa teraktif di dunia dan berada di atas 3 tumbukan lempeng benua. Tugas Akhir ini bertujuan untuk membuat sistem pendeteksi pergeseran tanah menggunakan sensor rotary encoder berbasis IoT. Pengujian sensor pendeteksi tanah longsor dilakukan pada sebuah plant prototype simulasi. Pengujian kalibrasi sensor rotary encoder dilakukan untuk memperoleh nilai pergeseran tanah (L) dari satu sinyal pulsa rotary encoder menggunakan persamaan koreksi kalibrasi $L = 0,3208n - 0,2744$. Simulasi tanah longsor mengadaptasi jenis longsor tipe aliran (flow) menggunakan tanah dari dua tempat yang berbeda, dengan nilai massa jenis tanah tersebut adalah $\rho_A = 974,02 \text{ kg/m}^3$ dan $\rho_B = 1.182,74 \text{ kg/m}^3$. Akurasi pengukuran pergeseran tanah yang dilakukan oleh rotary encoder terhadap pergeseran riil yang terjadi pada tanah A dan B berturut-turut adalah 86,49% dan 83,08%. Sistem monitoring pergeseran tanah berbasis IoT dengan platform Antares ini telah dapat menampilkan data monitoring pergeseran tanah dengan interval pengiriman terkecil yang diperbolehkan adalah 17 detik dan konsumsi daya setiap pengiriman adalah 0.606 kW.

Kata kunci: tanah longsor, ekstensometer, IoT, rotary encoder.

Abstract

A landslide is a geological event that occurs due to mass transfer or soil mass. Based on data from the National Disaster Management Agency (BPNN) in 2019, there were 108 landslides in West Java and 158 times in Central Java. The main causes of landslides in Indonesia come from two factors, namely climate and geographical layout. Indonesia's Tropical Climate with high rainfall until it becomes weathered. Indonesia's geographical layout is located on the Pacific Ring of Fire which is the most active earthquake path in the world and is above 3 continental plates collision. The aim of this Final Project is to make a soil detection system using an IoT based rotary encoder sensor. The landslide detection sensor test was carried out on a plant simulation prototype. The rotary encoder sensor calibration test is performed to obtain the ground shift value (L) from a rotary rotary encoder signal using the calibration correction coefficient $L = 0.3208n - 0.2744$. Landslide simulation adapts flow type landslide type (flow) using soil from two different places, with the soil density value is $\rho_A = 974.02 \text{ kg/m}^3$ and $\rho_B = 1,182.74 \text{ kg/m}^3$. The accuracy of the soil shift measurement carried out by the rotary encoder to the actual shift that occurred in soil A and B was successful was 86.49% and 83.08%. The IoT-based soil shift monitoring system with the Antares platform has been able to display soil shift monitoring data with a permissible delivery interval of 17 seconds and the power consumption of each shipment is 0.606 kW.

Keywords: landslide, extensometer, IoT, rotary encoder

1. Pendahuluan

Tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergeseran massa batuan atau massa tanah. Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BPBN) pada tahun 2019 di Jawa Barat terjadi tanah longsor sebanyak 108 kali dan di Jawa Tengah terjadi sebanyak 158 kali[11].

Penyebab sering terjadi tanah longsor di akibatkan oleh 2 faktor yaitu iklim di Indonesia dan tata letak geografis nya. Iklim di Indonesia adalah tropis dan curan hujan yang tinggi sehinggat mengakibatkan tanah menjadi lapuk. Tata letak geografis Indonesia terletak pada cincin api pasifik yang merupakan jalur gempa teraktif di dunia dan berada di atas 3 tumbukan lempeng benua. Lempeng tersebut adalah Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik.

Pada tahun 2012 Lisnawati, Sri Wahyu Suciwati, dan Warsito membuat. Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris Sebagai Pendeteksi Pergeseran Permukaan Tanah dan Sistem Akuisisi Data Pada Komputer dengan menggunakan potensiometer multiturun. akuisisi data dari sensor dilakukan menggunakan komputer.

Pada Tugas Akhir ini dibuat sistem pendeteksi tanah longsor yang merupakan pengembangan dari alat yang sudah diteliti Lisnawati, Sri Wahyu Suciwati, dan Warsito (2012). Ekstensometer yang saya buat menggunakan rotary encoder yang diintegrasikan dengan IoT sebagai jalur pengiriman data dari sensor. Rotary encoder sebagai alat pendeteksi dan pengukur adanya pergerakan atau pergeseran tanah dalam orde millimeter [1] ini menggunakan rotary encoder dengan keluaran nilai pergeseran tanah dari hasil konversi sinyal pulsa.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor dapat didefinisikan sebagai pergerakan masa tanah/batuan ke arah bawah yang disebabkan dan dipicu oleh faktor – faktor alam seperti jenis batuan, bentuk lahan, struktur dan perlapisan batuan, kemiringan lereng, tebal tanah/bahan lapuk, curah hujan dan tutupan vegetasi. Proses pergerakan ini dapat secara bergeser (*sliding*), menggelinding (*rolling*), reruntuhan (*falling*), atau mengalir (*flowing*)[7].

Berikut penjelasan dari jenis pergerakan tanah longsor :

a) *Slide (Longsoran)*

Meskipun banyak jenis gerakan massa termasuk dalam istilah umum “tanah longsor,” penggunaan istilah yang lebih terbatas hanya merujuk pada gerakan massa, di mana ada zona kelemahan yang berbeda yang memisahkan material geser dari material dasar yang lebih stabil. Dua jenis utama slide adalah slide rotasi dan slide translasi.

b) *Falls (Runtuhan)*

Falls adalah gerakan tiba-tiba massa bahan geologis, seperti batu dan batu-batu besar, yang terlepas dari lereng atau tebing yang curam. Pemisahan terjadi di sepanjang diskontinuitas seperti patah tulang, sendi, dan bidang alas tidur, dan gerakan terjadi karena jatuh bebas, terpentak, dan berguling. Air terjun sangat dipengaruhi oleh gravitasi, pelapukan mekanis, dan keberadaan air pengantara.

c) *Topples (Robohan)*

Topples (robohan) dibedakan oleh rotasi maju unit atau unit tentang beberapa titik penting, di bawah atau di bawah unit, di bawah tindakan gravitasi dan gaya yang diberikan oleh unit yang berdekatan atau oleh kenaikan fluida.

d) *Flows Failures (Longsor Aliran)*

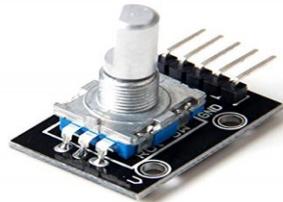
Aliran (Gambar 3) adalah longsoran yang menuruni lereng dengan ukuran yang bermacam-macam, mulai dari tanah halus sampai bongkahan yang bercampur dengan air. Berdasarkan karakteristiknya ada 4 jenis aliran longsoran yaitu aliran debris, debris bahan rombakan, aliran tanah, dan rayapan.

e) *Lateral spread (Longsoran lateral)*

Spread lateral merupakan karakteristik karena biasanya terjadi pada lereng yang sangat landai atau dataran rata. Mode pergerakan dominan adalah ekstensi lateral yang disertai dengan fraktur geser atau tarik. Kegagalan disebabkan oleh pencairan, proses di mana sedimen jenuh, longgar, kohesi (biasanya pasir dan lanau) ditransformasikan dari padatan menjadi keadaan cair.

2.2 . Rotary Encoder

Rotary encoder adalah perangkat elektromekanik yang dapat mengubah posisi angular menjadi output sinyal digital atau analog. Pada umumnya rotary encoder menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat dibaca sebagai posisi, gerakan, dan arah Output dari rotary encoder adalah frekuensi dari dua buah gelombang yang dinamakan gelombang A dan gelombang B, dan satu buah gelombang referensi yang dinamakan Z. Bentuk dari superposisi dari kedua gelombang A dan gelombang B adalah kotak seperti Gambar [11].



Gambar 1 . Digital Rotary encoder KY-040

2.3 Internet of Things

Konsep IoT diciptakan oleh anggota dari komunitas development *Radio Frequency Identification* (RFID) pada tahun 1999, dan sekarang saat ini semakin relevan karena perkembangan perangkat seluler, *embedded* dan *ubiquitous system*, *cloud computing*, dan data analisis. Internet of Things di definisikan pada 3 kategori yaitu, *people to people*, *people to machine*, dan *machine to machine*[2].

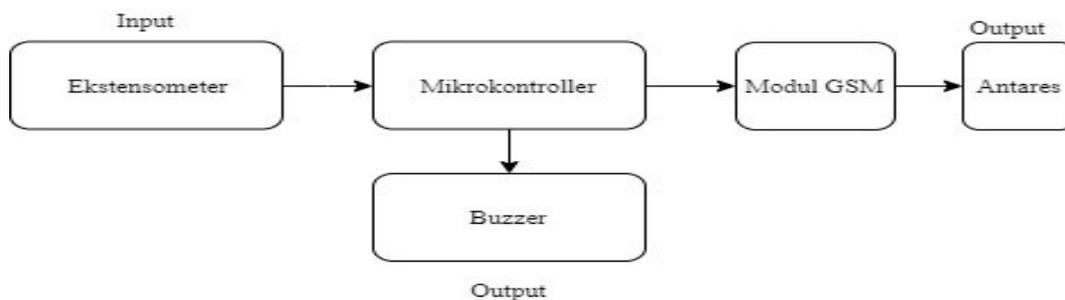
Internet of Things dapat memungkinkan komunikasi menggunakan internet dengan semua benda yang ada di sekitar kita. IoT adalah sarana komunikasi yang lebih banyak digunakan untuk komunikasi *machine to machine*, jaringan nirkabel, jaringan sensor, 2G/3G/4G/ GSM, GPRS, RFID, WI-FI, GPS, mikrokontroler, mikroprosesor dll. Alat tersebut adalah teknologi yang dapat mendukung pengaplikasian IoT. Ada 3 kategori teknologi yang memungkinkan bagi IoT yaitu, 1. Teknologi yang memungkinkan “*things*” untuk mengambil informasi, 2. Teknologi yang memungkinkan “*things*” untuk memproses informasi, dan 3 teknologi untuk memperkuat keamanan dan privasi. 2 kategori pertama diperlukan untuk menambahkan “*intelligence*” pada “*things*”. Hal ini merupakan fitur yang membedakan IoT dengan Internet pada umumnya. Kategori ketiga bukanlah fungsional tapi kebutuhan *de facto* untuk meningkatkan keamanan dari pengguna IoT[2].

Arsitektur IoT terdiri dari layer berbeda dari teknologi yang mendukung IoT sensor layer, *Gateways and Networks*, *Management Service Layer*, dan *Application Layer*.

3. Desain Sistem

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini saya akan membuat alat pendeteksi tanah longsor dengan memanfaatkan sensor ekstensometer yang kemudian menggunakan alarm sebagai peringatan dini dan teknologi IoT untuk menyimpang data setiap terjadi pergeseran tanah. Dengan memanfaatkan teknologi IoT akan memungkinkan dalam memonitor kondisi tanah di suatu daerah yang jauh dengan memanfaatkan data yang di simpan di *cloud* Antares. Informasi ini dapat diakses setiap saat.

3.1 Diagram Blok Sistem



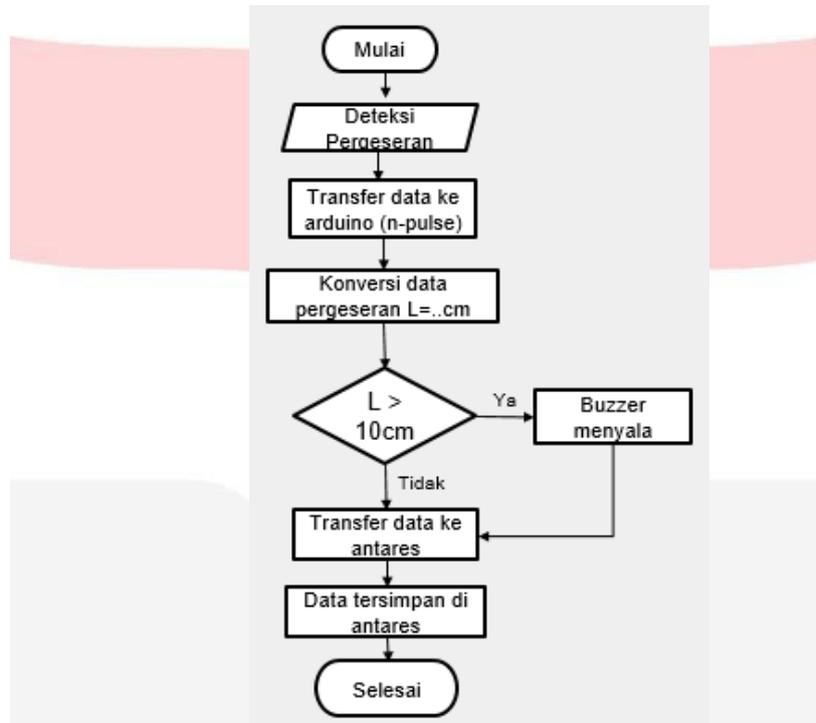
Gambar 2. Diagram blok sistem.

Berikut cara kerja dari sistem yang dibuat seperti pada Gambar 7 Sistem mulai bekerja dengan adanya pergerakan pasak yang diakibatkan oleh pergeseran tanah. Pasak yang terikat dengan kawat terhubung dengan roll yang dipasang dengan rotary encoder sehingga jarak pasak bergeser akan terdeteksi. Data ini dikirim ke arduino untuk diubah menjadi ke dalam satuan “cm”. Setelah data selesai diubah, arduino yang sudah memiliki program untuk menentukan apakah pergeseran tanah berbahaya atau tidak akan melakukan aksi. Jika pergeseran berbahaya maka relay akan mengaktifkan buzzer dan data akan dikirim ke Antares. Jika pergeseran tidak berbahaya maka data akan tetap dikirim ke Antares. Data yang sudah dikirim ke Antares akan tersimpan dan dapat di akses oleh user.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Dari Gambar 8 dapat dilihat sensor akan selalu aktif untuk mendeteksi pergeseran tanah meskipun tidak terjadi pergeseran tanah. Jika sensor mendeteksi pergeseran tanah data akan terdeteksi dan dikirim ke Mikrokontroler. Mikrokontroler sudah di masukkan program yang akan mengubah output dari sensor menjadi angka dengan satuan

cm. Setelah itu data tersebut akan dilakukan perintah oleh mikrokontroler sesuai input yang didapat dari sensor. Jika pergeseran $L > 10\text{cm}$, alarm akan berbunyi. Data yang didapat dari sensor akan dikirim mikrokontroler dengan menggunakan modul GSM sebagai sarana komunikasi antara Rotary encoder dengan cloud Antares



Gambar 3. Skematik Sistem Pendeteksi Tanah Longsor.

4. Pengujian dan Analisi

4.1. Pengujian Kalibrasi Jarak

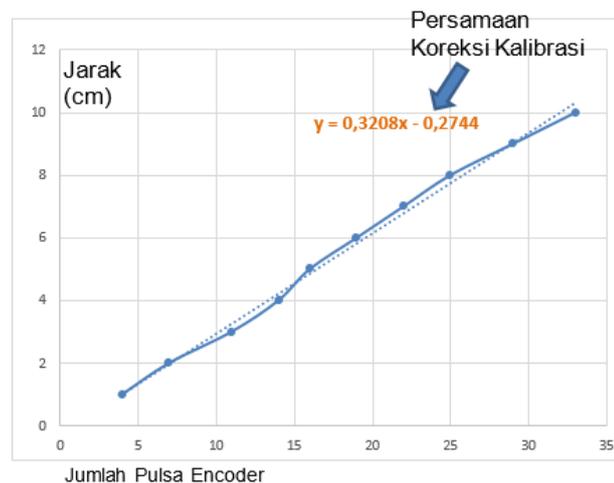
Pengujian kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil counter dari encoder dengan meteran. Pengujian ini dilakukan pada tempat simulasi tanah longsor seperti pada gambar 10. Rotary Encoder yang sudah terintergasi dengan tali akan diikat sebuah benda yang akan digunakan sebagai pasak pada proses simulasi.



Gambar 4. Tempat simulasi pengujian kalibrasi.

Tabel 1. Pengujian Kalibrasi Sensor.

Pengujian ke- n	Jarak(cm)	N-pulsa Encoder
1	1	4
2	2	7
3	3	11
4	4	14
5	5	16
6	6	19
7	7	22
8	8	25
9	9	29
10	10	33

**Gambar 5.** Hasil pengujian perbandingan hasil ukur encoder dengan penggaris.

Dari grafik di atas terlihat hasil pengujian dari berapa pulsa encoder yang dibutuhkan untuk mencapai panjang 1 cm pada penggaris sampai dengan 10 cm. Untuk mendapatkan nilai kalibrasi, di cari garis linear berdasarkan grafik diatas menggunakan fitur *trendline* pada microsoft excel. Setelah itu di dapatkan rumus untuk mengkonversi 1 pulsa encoder menjadi cm.

$$L = 0,3208 - 0,2744$$

L = Pergeseran tanah (cm)

n = Counter encoder

4.2 Pengujian Simulasi Tanah Longsor

Pengujian dilakukan dengan membuat simulasi tanah longsor jenis runtuh (falls). Simulasi ini akan dilakukan pada sebuah box seperti pada Gambar 12 yang dibuat juga bidang miring didalam box tersebut sehingga kondisi box dibuat seperti lereng. Lalu dimasukkan tanah pada lereng buatan. Tanah yang ada di lereng akan tertahan oleh papan sehingga tanah hanya akan jatuh ketika papan penahannya ditarik. Pada bagian sisi kanan lereng di tempel meteran sebagai pembanding hasil pengukuran dari rotary encoder dengan alat ukur yang sudah ada. Sebelum tanah dimasukkan pada lereng bandul yang akan menjadi perantara komunikasi antara tanah dengan encoder ditarik terlebih dahulu dilehereng. Setelah dimasukkan tanah dan posisi pasak sudah tetap dan tidak berubah itu akan menjadi titik 0 dari pengukuran pergeseran tanah. Simulasi ini dimulai dengan menarik penahan tanah pada bagian pertengahan bidang miring lalu dihitung pergeseran pasak dari titik awalnya. Nilai dari rotary encoder nanti dibandingkan lagi dengan alat ukur yang sebenarnya.



Gambar 6. Kondisi Plant sebelum dan sesudah simulsi Tanah Longsor.

Pengujian simulasi tanah longsor dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan cara alami dan dengan cara shock pada dua jenis tanah yang dinamakan tanah a dan tanah b. Untuk perbandingan tanah a memiliki tanah yang padat dan terbentuk seperti batu sedangkan tanah b tanahnya halus Tujuan dari digunakan dua jenis tanah berbeda untuk membandingkan hasil pengukuran rotary encoder pada dua tanah yang memiliki massa jenis berbeda. Massa jenis ρ (kg/m^3) adalah massa suatu benda per satuan volumenya. Masing-masing jenis tanah maka didapatkan bahwa $\rho_A = 974,02 kg/m^3$ dan $\rho_B = 1.182,74, kg/m^3$.

4.2.1 Simulasi Tanah Longsor dengan Cara Alami

Pada simulasi dengan cara alamiah, longsor dilakukan dengan memanfaatkan gravitasi. Seperti pada Gambar IV – 5 ada papan yang menghalangi tanah yang berada pada bidang miring untuk turun kebawah. Ketika papan tersebut ditarik maka tanah turun dan terjadi longsor dengan cara alamiah. Pengujian ini dilakukan pada jenis tanah a dan tanah b. Berikut hasil pengujian dari simulasi tanah longsor dengan cara alami.



Gambar 7. Kondisi saat sebelum papan dibuka dan setelah papan dibuka.

Tabel 2. Hasil pengujian simulasi tanah longsor dengan cara alami.

Pengujian ke- n	Pergeseran Tanah B(cm)			Pengujian ke- n	Pergeseran Tanah A(cm)		
	Encoder	Bandul	Tanah		Encoder	Bandul	Tanah
1	10,95	12	12	1	8,06	9,4	9,4
2	4,53	6,2	6	2	4,53	6,8	7
3	6,14	7,2	7,5	3	11,6	13,1	13,1
4	7,1	8,8	8,8	4	9,67	9,5	9,5
5	7,75	9	9	5	8,38	8	8

4.2.2 Simulasi Tanah Longsor dengan Cara Alami

Simulasi tanah longsor yang kedua dilakukan dengan memberi shock atau hentakan secara tiba tiba pada tempat tanah berada. Seperti pada gambar 14 shock diberikan dengan tangan secara tiba tiba sehingga tanah terjadi perubahan posisi pada tanah dan bandul. Shock dilakukan pada bidang miring tanah pada bagian yang paling dekat dengan penahan untuk papan yang berada pada bidang miring agar hentakan lebih terasa. Berikut hasil pengujian dari simulasi tanah longsor dengan cara shock.



Gambar 8 Tanah longsor dengan cara shock dengan hentakan tangan.

Tabel 1 Hasil pengujian simulasi tanah longsor dengan cara shock.

Pengujian ke-n	Pergeseran Tanah A (cm)		
	Encoder	Bandul	Tanah
1	0,69	0,7	0,7
2	1,01	1,4	1,4
3	1,33	1,5	1,5
4	1,65	2	2
5	2,93	3,4	3,6

Pengujian ke-n	Pergeseran Tanah B (cm)		
	Encoder	Bandul	Tanah
1	1,33	1	1
2	1,65	1,6	1,6
3	1,65	2	2
4	1,01	1,5	1,5
5	0,37	0,8	0,8

4.2.3 Kesimpulan Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian tabel IV-2 dan tabel IV-3 dicari nilai akurasi dengan membandingkan hasil ukur dari Encoder dengan Tanah dengan menggunakan persamaan (5). Di dapatkan nilai akurasi hasil pengukuran rotary encoder pada simulasi tanah longsor dengan cara alami pada Tanah a sebesar 86,49% dan pada Tanah b sebesar 83,08% dan akurasi dari hasil akurasi hasil pengukuran rotary encoder pada simulasi tanah longsor dengan cara shock pada Tanah a sebesar 85,76508 % dan pada Tanah b sebesar 73,46632%

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan :

- Sistem deteksi tanah longsor telah dibuat dengan menggunakan sensor rotary encoder, dimana akurasi pengukuran pergeseran longsor tanah adalah sebesar 86,49% ($\rho=987,7 \text{ kg/m}^3$) dan 83,08% ($\rho=1.199,43 \text{ kg/m}^3$).
- Sistem perangkat lunak untuk pengiriman data sensor rotary encoder dari modul GSM ke Antares telah dapat menampilkan nilai jarak pergeseran longsor tanah setiap 17 detik.

- Daya rata-rata yang digunakan untuk setiap pengiriman data adalah 606,2mW menggunakan baterai 5V 3000mAh selama 4 jam 14 menit.

Saran :

- Mencoba menggunakan jenis rotary encoder yang lain, karena ada loss ketika pengiriman sinyal pulsa dari encoder ke mikrokontroler.
- Menambahkan fitur untuk memudahkan user mengawasi pergeseran tanah seperti membuat aplikasi berbasis android.
- Supaya umur battery semaking panjang, intensitas pengiriman data dikurangi. Hal ini dapat dilakukan dengan memperlambat waktu pengiriman setiap satu data.

Daftar Pustaka :

- [1] Halliday, D. , Resnick, R. (1984). Fisika Jilid I. Terjemahan P. Silaban dan E. Sucipto.
- [2] Lisnawati.,Suciyati Sri Wahyu, Warsito (2012). Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris Sebagai Pendeteksi Pergeseran Permukaan Tanah dan Sistem Akuisisi Data Pada Komputer.
- [3] Patel M Sunil, Patel Keyur K(2016).Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges.
- [4] Madakam, Somayya, R Ramaswamy dan Siddharth Tripathi.(2015).”Internet of Things (IoT): A Literature Review” dalam Journal Of Computer and Communications(164-173). Vihar Lake, Mumbai, India.
- [5] <http://antares.id>
- [6] Hungr Oldrich, Leroueil Serge, Picarelli Luciano (2014). The Varnes classification of landslide types, an update.
- [7] Supekar, Priyanka R. dan Shigeru Takayama. (2016). Characteristic evaluation of sensing network in wireless landslide surveillance system. Osaka, Jepang.
- [8] Guerriero Luigi , Guerriero Giovanni, Grelle Gerardo, M. Guadagno Francesco , and Revellino Paola. (2017) Brief Communication: A low-cost Arduino®-based wire extensometer for earth flow monitoring.
- [9] Awaludin Lukmanh, Dhewa Okta Agnif(2018). Low Cost Sensor Node Device for Monitoring Landslides.
- [10] IEEE Internet Computing (Volume: 18 , Issue: 6 , Nov.-Dec. 2014).
- [11] Bpnb.cloud/dibi/laporan5, data kejadian tanah longsor tahun 2019.