

RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI TANAH LONGSOR BERBASIS IOT DENGAN NODEMCU ESP8266 DAN MPU6050

ROSA MEGA UTAMA *, IMAM SUCAHYO, META YANTIDEWI

*Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
Jl Ketintang, Kampus FMIPA Universitas Negeri Surabaya, Gayungan, 60231,
Surabaya, Jawa Timur, Telp. (031) 8296427*

**email : rosa.18010@mhs.unesa.ac.id*

Abstrak. Tanah longsor adalah suatu proses geologi yang disebabkan oleh adanya perpindahan masa batuan maupun tanah. Secara umum tanah longsor disebabkan oleh kondisi geografis berupa pegunungan dan lereng serta curah hujan tinggi sehingga menyebabkan tanah menjadi tidak stabil. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat deteksi tanah longsor dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan MPU6050 sebagai sensor sehingga mampu mendeteksi percepatan bumi pada sumbu x, y, dan z dan kemiringan tanah. Alat deteksi tanah longsor ini berbasis *Internet of Thing* (IoT) sehingga memungkinkan percepatan bumi dan kemiringan tanah dapat dipantau secara real-time. Alat ini dihubungkan dengan aplikasi yang dibuat menggunakan layanan *cloud* pada *real-time database firebase* dan MIT APP Inventor untuk membangun aplikasi. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa alat dan aplikasi deteksi tanah longsor dapat bekerja sesuai dengan rancangan yaitu dapat menampilkan percepatan pergerakan dan kemiringan tanah secara *real-time* dan dapat menyampaikan status kondisi yaitu aman, waspada dan awas dengan rata-rata *error* sebesar 0,419%.

Kata kunci: tanah longsor, IoT, NodeMCU ESP8266, MIT App Inventor

Abstract. Landslide is a geological process caused by the displacement of rock and soil mass. In general, landslides are caused by geographical conditions in the form of mountains and slopes as well as high rainfall which causes the soil to become unstable. This study aims to make a landslide detection tool using NodeMCU ESP8266 as a microcontroller and MPU6050 as a sensor so that it can detect the acceleration of the earth on the x, y, and z axes and the slope of the ground. This landslide detection tool is based on the Internet of Things (IoT) so that it allows the acceleration of the earth and the slope of the ground to be monitored in real-time. This tool is linked to applications built using cloud services on a real-time database of firebase and MIT APP Inventor to build applications. From this study, it can be concluded that landslide detection tools and applications can work according to the design that is able to display the acceleration of movement and slope of the ground in real-time and can convey the condition status, namely safe, beware and alert with an average error of 0.419%.

Keywords: landslide, IoT, NodeMCU ESP8266, MIT App Inventor

1. Pendahuluan

Indonesia secara geografis berada pada pada kawasan aktivitas tektonik, yaitu pada lempeng Benua Asia dan Benua Australia. Selain itu, secara klimatologis Indonesia juga merupakan tempat pertemuan antara sirkulasi udara Hadley dan sirkulasi udara Walker. Dua hal tersebut mempengaruhi keragaman iklim di Indonesia [1]. Adanya aktifitas tektonik mengakibatkan sebagian besar wilayah Indonesia berupa pegunungan dan lereng. Hal ini menjadikan tanah longsor sebagai bencana yang

kerap kali terjadi di Indonesia. Menurut data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada kurun waktu Januari sampai Desember 2021 ada 1.321 bencana tanah longsor yang terjadi di Indonesia [2]. Dari banyaknya bencana tanah longsor di Indonesia, tentu dibutuhkan alat yang dapat mendeteksi dini adanya tanah longsor sehingga kerugian dapat diminimalisir.

Tanah longsor adalah suatu proses geologi yang disebabkan oleh adanya perpindahan massa batuan maupun tanah. Tanah longsor dapat juga didefinisikan perpindahan material pembentuk lereng yang bergerak ke bawah atau keluar lereng. [3]. Secara umum tanah longsor disebabkan oleh kondisi geografis berupa pegunungan dan lereng sehingga menyebabkan tanah menjadi tidak stabil. Pergeseran tanah dan kadar air berlebih akibat curah hujan tinggi juga merupakan penyebab utama tanah longsor. Bencana tanah longsor seringkali terjadi pada musim penghujan [4]. Perpindahan material tanah longsor dapat terjadi dalam beberapa jenis perpindahan yaitu runtuh (*fall*), robohan (*topple*), longsoran (*slide*), aliran (*flow*), dan pencaran (*spread*) [5].

Pada prinsipnya saat terjadi longsor gaya pendorong lebih besar dari pada gaya penahan pada tanah [4]. Gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah penyusun lereng. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban, dan berat jenis tanah dan batuan [3]. Terlepas dari faktor alam, kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh aktifitas manusia juga meningkatkan kerawanan terjadi tanah longsor [6].

Pada lahan berbukit dan bergunung dengan kemiringan sebesar $>30\%$ dan beda ketinggian >300 m sering terjadi tanah longsor. Pada tanah dengan kemiringan lahan lebih dari 20° berpotensi mengalami tanah longsor [7]. Risiko jatuhnya korban jiwa saat terjadi tanah longsor dapat dihindari dengan proses mitigasi yang ditunjang dengan pemanfaatan teknologi. Alat yang dapat mengukur parameter penyebab terjadinya tanah longsor dapat dijadikan sebagai mitigasi dini [8].

Saat ini banyak peneliti yang menciptakan alat deteksi tanah longsor. Pada penelitian sebelumnya, alat dirancang dengan memanfaatkan sensor tasbih yang dapat mendeteksi adanya keretakan tanah. Kemudian informasi adanya keretakan tanah ini dikirimkan melalui SMS *gateway*. Namun kecepatan pengiriman informasi atau peringatan masih tergolong lambat yaitu rata-rata 143 detik setelah terjadi retakan tanah [9]. Selain itu peneliti lain ada yang menggunakan sensor ultrasonik dan infrared dengan notifikasi melalui SMS, namun hasil pengukuran alat yang dihasilkan belum bisa membaca pergerakan secara akurat pada pergeseran < 1 cm dan warga tidak bisa mengetahui kondisi pergerakan tanah secara *real time* [10]. Kemudian ada juga alat deteksi tanah longsor yang menggunakan hygrometer dan piezoelectric dengan notifikasi melalui SMS, namun pada alat ini warga juga tidak bisa memantau kondisi pergerakan tanah secara *real time* [11]. Sensor yang seringkali digunakan yaitu sensor *accelerometer*. Sensor ini dapat mendeteksi adanya kemiringan secara akurat dengan cara memanfaatkan percepatan akibat gravitasi bumi [12].

Pada penelitian ini peneliti membuat alat berbasis *Internet of Thing (IoT)*. IoT adalah teknologi yang memungkinkan objek, benda, dan mesin pintar dapat terhubung melalui internet sehingga data dapat diterima secara *real time*. Saat ini sistem IoT juga berkontribusi pada pemantauan dan pengelolaan lingkungan alam. Contohnya seperti pemantauan bencana tanah longsor yang dampaknya bersifat merusak lingkungan maupun sosial ekonomi masyarakat [13].

Salah satu papan mikrokontroler yang biasa digunakan untuk merancang proyek IoT yaitu NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 adalah perangkat yang menggabungkan fitur beberapa papan arduino biasa dengan memungkinkan untuk dapat terhubung ke internet. Sebagai *firmware* yang bersifat *open source* NodeMCU ESP8266 memainkan peran penting dalam merancang produk yang berbasis IoT [14].

Untuk pembuatan aplikasi, peneliti menggunakan Firebase sebagai *cloud database* dan MIT App Inventor sebagai pembangun aplikasi. Firebase menyediakan beberapa layanan bagi pengguna yang ingin membuat aplikasi salah satunya yaitu *real-time database* yang memungkinkan data pada aplikasi disinkronkan dengan data yang tersimpan pada *cloud* firebase. *Real-time database* menyediakan *Application Programming Interface (API)* sehingga memungkinkan aplikasi terhubung dan terintegrasi dengan database firebase [15]. MIT App inventor adalah platform pengembangan online berbasis web untuk membangun aplikasi pada ponsel yang menggunakan sistem operasi android dan iOS. Platform ini menggunakan bahasa pemrograman berbasis blok yang dibangun di Google Blockly dan terinspirasi dari bahasa seperti StarLogo TNG dan Scratch [16].

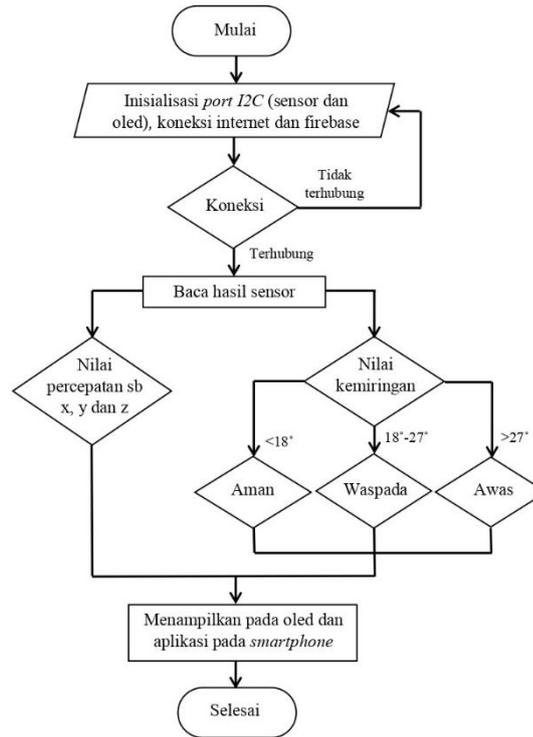
Selanjutnya pada artikel ini akan dibahas mengenai sistem rancang bangun alat deteksi tanah longsor berbasis IoT dengan memanfaatkan komponen NodeMCU ESP8266 dan sensor MPU6050.

2. Metode Penelitian

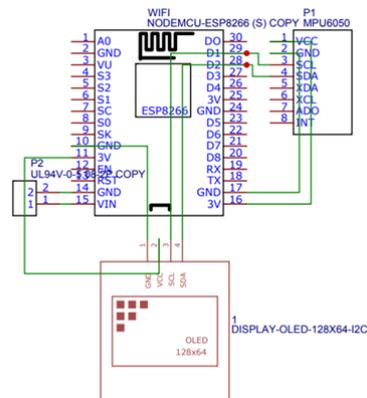
Langkah-langkah yang dikerjakan dalam penelitian ini dibagi menjadi empat tahap yaitu studi literatur, perancangan sistem, pengujian sistem, dan analisa data. Pada tahap studi literatur peneliti memperkirakan bahan yang cocok untuk diimplementasikan pada alat deteksi tanah longsor. Pemilihan bahan merupakan hal yang sangat penting dalam menunjang keberhasilan penelitian. Bahan yang digunakan untuk pembuatan rancang bangun deteksi tanah longsor terdiri dari mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor MPU6050, oled biru 1,3 inci, blok terminal (*T-Block*) dua kaki, modul *power supply step down DC-DC 5A XL4005*, baterai Li-Po 850 mAh, papan PCB, saklar, kabel, dan kotak alat.

Selanjutnya yaitu perancangan sistem. Sistem yang dirancang meliputi skematik rangkaian alat deteksi tanah longsor, desain dan alur kerja aplikasi deteksi tanah longsor yang diinstall pada *smarthphone*, dan desain 3D kotak alat. Alat deteksi tanah longsor dirancang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor MPU6050. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 diprogram menggunakan Arduino IDE dengan menggunakan *library* *wire*, *MPU6050_light*, *U8x8lib*, dan *FirestoreESP8266*. Berikut adalah diagram alir program pada alat deteksi tanah longsor ditunjukkan pada Gambar 1.

Skematik rangkaian ditunjukkan pada Gambar 2. Sensor MPU6050 dan oled berkomunikasi secara I2C (*Inter Integrated Circuit*) sehingga SCL dan SDA dihubungkan pada pin D1 dan D2 NodeMCU ESP8266. Pada rangkaian ini *ground* yang ada di dekat Vin harus dihubungkan dengan *ground* pada pin 10 melalui kabel *jumper*



Gambar 1. Diagram alir program alat deteksi tanah longsor

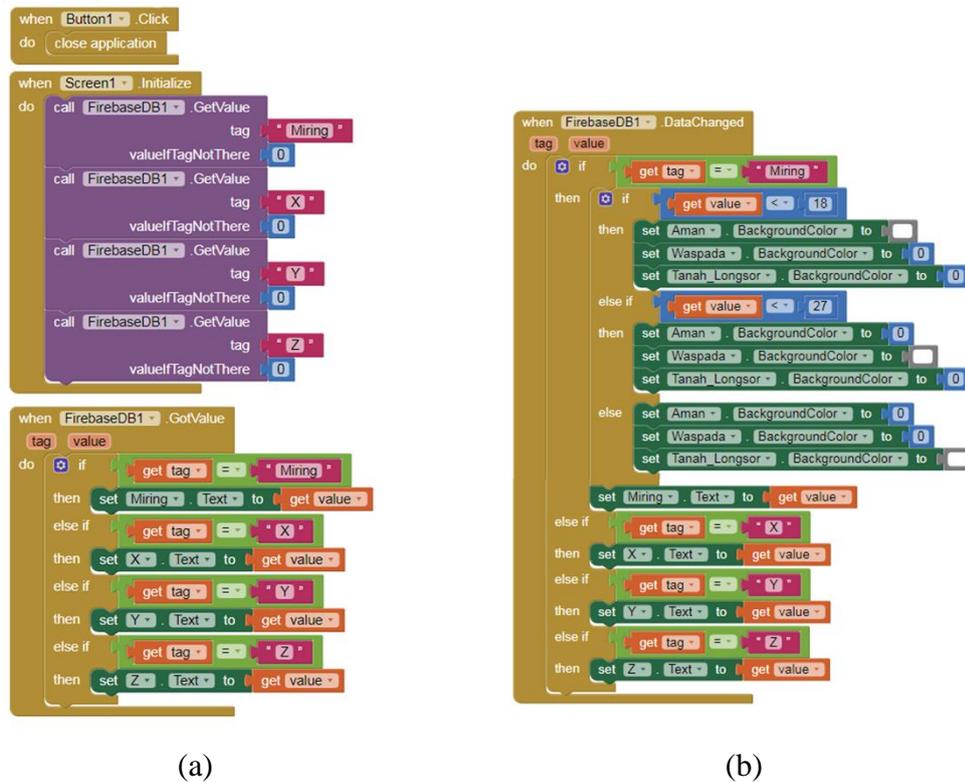


Gambar 2. Skematik rangkaian alat deteksi tanah longsor

Sumber listrik rangkaian alat ini menggunakan baterai Li-Po 850 mAh yang dihubungkan dengan *step down XL4005*. Baterai Li-Po dipilih sebagai sumber energi listrik karena elektrolit primer baterai Li-Po menggunakan bahan kering sehingga dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran [17]. Hal ini menyebabkan banyak baterai Li-Po dijual di pasaran dalam berbagai ukuran. Step down XL4005 dipilih karena memiliki kriteria dapat menurunkan tegangan dari kisaran tegangan input 4 V-38 V dan menghasilkan tegangan output 1,25 V-36 V. Pada penelitian ini keluaran step down XL4005 disetting sebesar 6,0 V untuk menyesuaikan tegangan input NodeMCU ESP8266.

Pada alat ini dihasilkan data berupa kemiringan tanah dalam satuan derajat dan percepatan gravitasi bumi pada sumbu x, y, z yang dideteksi alat dalam satuan g

m/s^2 . Konstanta g menunjukkan percepatan gravitasi bumi. Data ini kemudian ditampilkan pada oled yang terhubung dengan alat dan ditransferkan melalui koneksi internet kepada *smartphone* yang telah diinstall aplikasi deteksi tanah longsor. Aplikasi deteksi tanah longsor diprogram dan didesain menggunakan MIT App Inventor. Blok aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Susunan blok aplikasi

Blok pertama pada Gambar 3a menunjukkan perintah menutup aplikasi apabila *button 1* ditekan. Selanjutnya aplikasi melakukan inisialisasi data pada firebase. Kemudian pada blok `FirebaseDB1.GotValue` data pada firebase ditransferkan kepada aplikasi secara *real time*. Blok selanjutnya pada gambar 3b berfungsi untuk mengubah status keadaan dari aman, waspada dan awas.

Pengujian sistem dilakukan dengan cara membandingkan nilai kemiringan pada alat dengan busur derajat. Kemudian data dibuat tabel dan dihitung persentase error pada alat. Selain itu data yang tertampil pada aplikasi diamati dan dibandingkan dengan data pada alat.

Analisa data dilakukan berdasarkan hasil dari pengujian sistem yang sudah sesuai. Analisa data dilakukan untuk memastikan alat dan aplikasi yang telah dibuat bekerja sesuai dengan kriteria yang dirancang. Data yang sudah dikumpulkan diolah menggunakan *microsoft excel*. Nilai persentase error dihitung menggunakan persamaan 1.

$$Error = \frac{|Y_n - X_n|}{Y_n} \times 100\% \quad (1)$$

dengan nilai

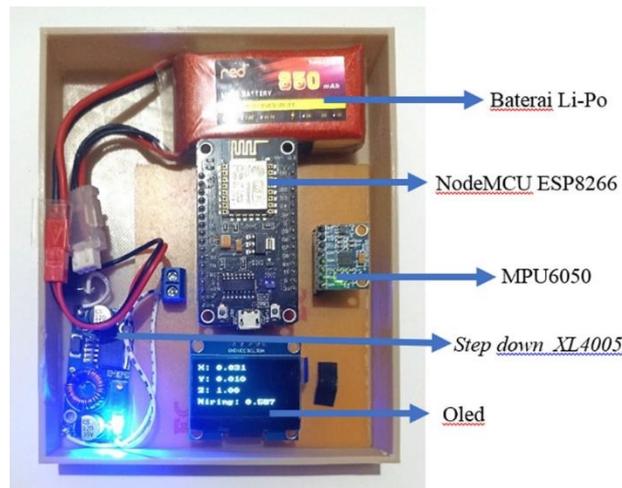
Y_n = kemiringan pada busur derajat ($^{\circ}$)

X_n = kemiringan pada alat ($^{\circ}$).

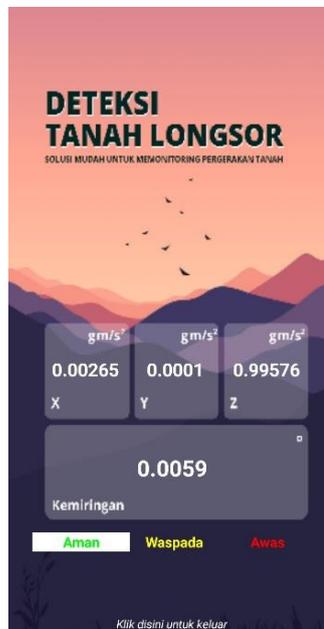
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Rangkaian Alat dan Aplikasi

Alat yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki bentuk balok dengan dimensi 10,8×13,4×2,6 cm. Hasil rangkaian alat deteksi tanah longsor dan aplikasi deteksi tanah longsor berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Rangkaian alat deteksi tanah longsor



Gambar 5. Aplikasi deteksi tanah longsor

Baik pada alat maupun aplikasi menampilkan data percepatan bumi sumbu x, y, dan z pada lokasi alat diletakkan dan kemiringan tanah.

3.2. Hasil Data Pengujian

Pengambilan data dilakukan di daerah Karangpilang-Surabaya pada tanggal 6 Juni 2022 dengan cara membandingkan kemiringan pada alat dengan kemiringan pada busur derajat. Caranya yaitu busur derajat dilekatkan pada dinding kemudian alat dimiringkan terhadap busur derajat. Pengambilan data tidak dilakukan langsung di tanah agar peneliti dapat mengetahui kesesuaian antara alat dengan acuannya secara langsung. Hasil pembacaan alat dan busur derajat haruslah sama karena alat digunakan sebagai pendeteksi kemiringan tanah dalam satuan derajat. Data kemiringan diambil tiap 5° dimulai dari 0° (saat posisi alat hizontal) hingga 90° (saat posisi alat vertikal). Ini dilakukan untuk memastikan keakurasian alat dan memastikan status pada aplikasi deteksi tanah longsor tertampil dengan sesuai. Berikut adalah Tabel 1 yang menampilkan hasil pengujian alat.

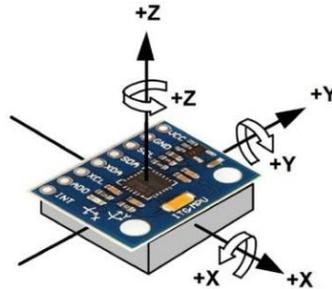
Tabel 1. Hasil pengujian alat deteksi tanah longsor

Percepatan Gravitasi ($g \text{ m/s}^2$)			Kemiringan pada Busur Derajat($^\circ$)	Kemiringan pada Alat ($^\circ$)	Error (%)	Status pada Aplikasi
Sumbu x	Sumbu y	Sumbu z				
0,0027	0,0001	0,9958	0,0	0,006	0,000	Sesuai
-0,0135	0,0881	0,9968	5,0	5,052	1,040	Sesuai
-0,0174	0,1741	0,9838	10,0	10,031	0,310	Sesuai
-0,0276	0,2661	0,9697	15,0	15,181	1,207	Sesuai
-0,0208	0,3457	0,9468	20,0	20,054	0,270	Sesuai
-0,0247	0,4197	0,8999	25,0	24,994	0,024	Sesuai
-0,0109	0,5033	0,8709	30,0	30,018	0,060	Sesuai
-0,0410	0,5745	0,8169	35,0	35,082	0,234	Sesuai
-0,0073	0,6437	0,7647	40,0	40,091	0,228	Sesuai
-0,0199	0,7080	0,6763	45,0	44,906	0,209	Sesuai
-0,0380	0,7707	0,6431	50,0	50,108	0,216	Sesuai
-0,0461	0,8230	0,5740	55,0	55,018	0,033	Sesuai
-0,0532	0,8732	0,5007	60,0	60,057	0,095	Sesuai
-0,0474	0,9090	0,4223	65,0	64,947	0,082	Sesuai
-0,0474	0,9456	0,3405	70,0	70,023	0,033	Sesuai
-0,0341	0,9684	0,2578	75,0	74,967	0,044	Sesuai
-0,0388	0,9841	0,1675	80,0	80,089	0,111	Sesuai
-0,0683	1,0007	0,0545	85,0	85,009	0,011	Sesuai
-0,0661	0,9945	-0,0027	90,0	93,373	3,748	Sesuai
Rata-rata eror					0,419%	

3.3. Pembahasan

Sensor MPU6050 termasuk dalam sensor Inertial Measurement Unit (IMU) karena dapat mendeteksi perubahan posisi pada 3 dimensi atau 3 sumbu yaitu x, y, dan z. Sensor ini mendeteksi percepatan gravitasi bumi pada setiap sumbu. Selanjutnya nilai percepatan gravitasi ini diolah hingga menghasilkan data kemiringan dalam satuan derajat. Ada 3 arah kemiringan yang dapat dibaca oleh sensor yaitu roll

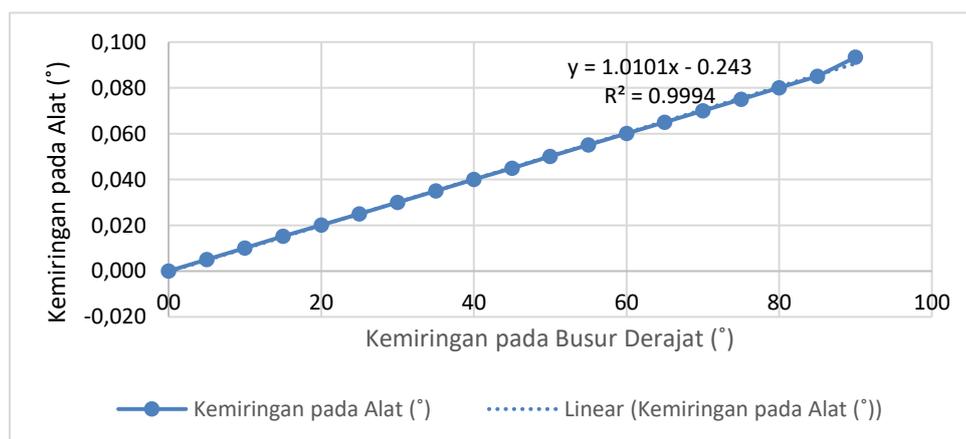
(kemiringan terhadap sumbu x), pitch (kemiringan terhadap sumbu y), dan yaw (kemiringan terhadap sumbu z). Orientasi aksis sensor MPU6050 dapat dilihat pada gambar 6 [18]. Pada alat ini hanya ditampilkan kemiringan pitch sehingga pada saat alat dipasang, kemiringan tanah sarus sejajar dengan kemiringan pitch yang dideteksi oleh alat.



Gambar 6. Orientasi aksis pada sensor MPU6050 [18]

Tabel 1 memperlihatkan bahwa percepatan gravitasi sumbu x tampak stabil antara $-0,069 \text{ g m/s}^2$ hingga $0,002 \text{ g m/s}^2$ sedangkan percepatan gravitasi pada sumbu y dan z berubah drastis. Ini dikarenakan kemiringan yang digunakan adalah kemiringan *pitch*.

Dari tabel ditunjukkan bahwa alat dapat mendeteksi kemiringan dengan baik dengan nilai kesalahan rata-rata (error) alat sebesar 0,419%. Adanya selisih antara kemiringan busur derajat dengan alat disebabkan sensor sangat sensitif sehingga mudah berubah saat sensor terkena gerakan kecil. Hal ini sesuai dengan yang dijelaskan pada *datasheet* sensor MPU6050, yaitu disebutkan bahwa sensor memiliki akurasi tinggi dan sensitif terhadap guncangan [19]. Oleh karena itu sensor harus dipasang pada posisi yang sangat stabil agar menghasilkan data yang lebih akurat. Gambar 7 menunjukkan bahwa kemiringan pada busur derajat dengan hasil pembacaan alat bernilai hampir sama.



Gambar 7. Grafik perbandingan kemiringan pada busur derajat dengan alat

Pada alat ini hasil pembacaan sensor pada aplikasi deteksi tanah longsor terbaca lebih lambat atau mengalami *delay* selama 3 detik dibandingkan dengan alat. Hal

ini karena data terlebih dahulu diterima alat baru kemudian dikirim kepada aplikasi melalui koneksi internet. Alat deteksi tanah longsor ini mengkonsumsi tegangan sebesar 0,06 Volt setiap jamnya dan batas tagangan minimum baterai agar alat tetap beroperasi adalah 5,3 Volt.

Pada aplikasi deteksi tanah longsor status aman adalah saat kemiringan bernilai $<18^\circ$, status waspada saat kemiringan $18^\circ-27^\circ$, dan status awas saat kemiringan $>27^\circ$. Range ini disesuaikan dengan artikel oleh Fitriani, dkk bahwa pada lahan berbukit dan bergunung dengan kemiringan sebesar $>30\%$ atau sekitar 27° dan beda ketinggian >300 m sering terjadi tanah longsor. [7]. Dari tabel 1 ditunjukkan bahwa aplikasi deteksi tanah longsor dapat menunjukkan status aman, waspada, dan awas dengan sesuai.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menghasilkan alat deteksi tanah longsor dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor MPU6050. Aplikasi deteksi tanah longsor yang dibangun menggunakan platform firebase dan MIT App Inventor berfungsi dengan baik dan dapat menyampaikan status aman, waspada, dan awas dengan sesuai namun mengalami *delay* selama tiga detik dengan alat. Nilai kesalahan rata-rata alat deteksi tanah longsor sebesar 0,419%. Agar hasil pembacaan menjadi lebih akurat, sensor MPU6050 harus dipasang pada posisi yang stabil.

Daftar Pustaka

1. I. Athoillah, R. M. Sibarani och D. E. Doloksaribu, "Analisis Spasial El Niño Kuat Tahun 2015 dan La Nina Lemah Tahun 2016 (Pengaruhnya Terhadap Kelembapan, Angin dan Curah Hujan di Indonesia)," *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca 18.1*, pp. 33-41, 2017.
2. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, "Badan Nasional Penanggulangan Bencana," 17 Februari 2022. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id>. [Använd 18 Juni 2022].
3. M. R. Maulana, G. Mukarrom och N. F. Aminy, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Tanah Longsor Menggunakan Sensor Gyroscope dan Hygrometer Berbasis IoT," *Perpustakaan Poltektegal*, 2020.
4. O. O. Artha, B. Rahmadya och R. E. Putri, "Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Menggunakan Sensor Accelerometer dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Android," *Journal of Information Technology and Computer Engineering*, pp. 14-20, 2018.
5. M. E. Moulart, O. Debauche, S. Mahmoudi, L. A. Brahim, P. Manneback och F. Lebeau, "Monitoring system using internet of things for potential landslides," *Procedia computer science 134*, pp. 26-34, 2018.
6. F. M. "Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor dengan Menggunakan Metode Frekuensi Rasio pada Sub Sub DAS Mamasa," *Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin*, 2020.
7. P. N. Fitriani, K. D. Lestari, H. D. Pratama och M. , "RANCANG BANGUN PROTOTIPE DETEKSI DINI TANAH LONGSOR BERBASIS DOUBLE SENSOR," *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, pp. 50-58, 2019.

8. A. Setyawan, J. E. Suseno, R. D. Winesthi och S. A. Otaviana, "Peringatan Dini Tanah Longsor Berdasarkan Kelembaban Tanah Secara Jarak Jauh Menggunakan Sensor FC-28 dan Node MCU," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, pp. 242-246, 2020.
9. M. B. Bilah, H. Erdyanto och T. A. Sholikin, "THOR (Pendeteksi Tanah Longsor): Deteksi Bencana Tanah Longsor Menggunakan Sensor "TASBIH" Berbasis SMS Gateway," *Jurnal Edukasi Elektro*, pp. 87-91, 2018.
10. D. Widhiantoro, "Purwarupa Sistem Pendeteksi Tanah Longsor Menggunakan Ultrasonik Dan Infrared Dengan Notifikasi Sms," *urnal Kajian Teknik Elektro 1.2*, p. 132, 2016.
11. N. K. D. Parwati, D. M. Wiharta och W. Setiawan, "Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bahaya Tanah Longsor Dengan Sensor Hygrometer Dan Piezoelectric," *Jurnal SPEKTRUM 5.2*, pp. 183-190, 2018.
12. A. Dwiantara, I. M. B. Suksmadana och S. Ch., "SIMULASI PENDETEKSIAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN SENSOR AKSELEROMETER TIPE MMA 7361 L," *Dielektrika Vol. 3, No. 2*, pp. 105-112, 2016.
13. S. M. Karunaratne, M. Dray, L. Popov, M. Butler, C. Pennington och C. M. Angelopoulos, "A technological framework for data-driven IoT systems: Application on landslide monitoring," *Computer Communications 154*, pp. 298-312, 2020.
14. A. Al Dahoud och M. Fezari, "NodeMCU V3 For Fast IoT Application Development," *Notes 5*, 2018.
15. C. Khawas och P. Shah, "Application of firebase in android app development-a study.," *International Journal of Computer Applications*, vol. 179, nr 46, pp. 49-53, 2018.
16. E. W. Patton, M. Tissenbaum och F. Harunani, "MIT app inventor: Objectives, design, and development," i *Computational thinking education*, Singapore, Springer, 2019, pp. 31-49.
17. S. A. Putri, A. A. B och A. Fitri, "Perancangan Prototype Mesin Pembersih kabel transmisi listrik berbasis internet," *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA) 4.1*, pp. 12-17, 2019.
18. F. Mangkusasmito, D. Y. Tadeus, H. Winarno och E. Ariyanto, "Peningkatan Akurasi Sensor GY-521 MPU-6050 dengan Metode Koreksi Faktor Drift," *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, vol. XII, nr 2, pp. 91-95, 2020.
19. Inc., IvenSense;, "IvenSense," 19 Agustus 2013. [Online]. Available: <https://invensense.tdk.com>. [Använd 14 Juni 2022].