

Prototipe Tempat Tidur dengan Sistem Pelindung Buka-Tutup Otomatis dan Notifikasi Via GPS untuk Antisipasi Reruntuhan Akibat Gempabumi

Fadhila Umami*, Wildian

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 18 September 2022

Direvisi: 26 September 2022

Diterima: 01 Oktober 2022

Kata kunci:

Gempabumi
GPS NEO-6M
MPU6050
Notifikasi
Percepatan

Keywords:

Earthquake
GPS NEO-6M
MPU6050
Notification
Acceleration

Penulis Korespondensi:

Fadhila Umami
Email:
fadhila.umami05@gmail.com

ABSTRAK

Telah dirancang prototipe tempat tidur dengan sistem pelindung buka-tutup otomatis dan notifikasi via GPS untuk antisipasi reruntuhan akibat gempabumi. Prototipe ini berfungsi untuk melindungi orang dari reruntuhan bangunan dan dapat memberikan peringatan serta mengirimkan notifikasi yang berisi informasi tentang kejadian gempa melalui Telegram ke ponsel keluarga terdekat. Prototipe yang dirancang menggunakan sensor *accelerometer* MPU6050, motor servo, GPS ublox NEO-6M, *buzzer*, ESP8266, LED, dan Arduino Uno R3. Besaran akselerasi pada sumbu x, y, dan z dari sensor MPU6050 digunakan untuk mengetahui besarnya percepatan dari gerakan yang dihasilkan oleh objek. Prototipe tempat tidur akan terbuka jika mendeteksi gempa dengan kekuatan ≥ 5 SR. Saat terdeteksi gempa maka *buzzer* akan berbunyi, LED menyala sesuai dengan kondisi gempa yang terdeteksi, serta terkirimnya notifikasi yang dilengkapi dengan titik koordinat lokasi korban gempa yang dapat diakses melalui *Maps*. Jarak notifikasi yang dapat diterima oleh pengguna sejauh 22 m. Hasil penelitian ini menunjukkan sistem memiliki keakuratan 80% yang diperoleh melalui 10 data keseluruhan dengan 8 jumlah data berhasil dan 2 data tidak berhasil.

A bed prototype with automatic open-close protection system and notification via GPS has been designed to anticipate debris caused by earthquake. This prototype serves to protect people from the ruins of buildings and can provide warnings and send notification containing information about earthquake events via Telegram to the cellphones of the closest family. The prototype designed using the MPU6050 accelerometer sensor, servo motor, GPS ublox NEO-6M, buzzer, ESP8266, LED, and Arduino Uno R3. The magnitude of the acceleration on the x, y, and z axes of the MPU6050 sensor is used to determine the magnitude of the acceleration of the motion produced by the object. The prototype bed will open if it detects an earthquake with a magnitude of ≥ 5 SR. When an earthquake is detected, the buzzer will sound, the LED will light up according to the detected earthquake conditions, and a notification will be sent equipped with the coordinates of the location of the earthquake victims which can be accessed via Maps. The notification distance that can be received by the user is as far as 22 m. The results of this study indicate that the system has an accuracy of 80 % which is obtained through 10 whole data with 8 successful data and 2 unsuccessful data.

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Gempabumi adalah salah satu bencana alam yang sangat ditakuti dikarenakan gempa terjadi secara tiba-tiba dalam waktu yang sangat singkat dan tidak dapat diprediksi kapan, di mana, dan berapa kekuatannya (BMKG, 2019). Ilmuwan hanya dapat mengkalkulasi probabilitas, kalau gempabumi yang signifikan akan terjadi di area tertentu dalam beberapa tahun tertentu. Terjadinya gempabumi tidak dapat dicegah, tapi dampaknya dapat dikurangi dengan cara identifikasi bahaya, membangun struktur yang lebih aman seperti alat pelindung dan memberikan pendidikan keselamatan tentang gempa. Dampak yang terjadi dari gempa diantaranya yaitu likuifaksi, tanah longsor, kebakaran, banjir, dan tsunami. Tingkat kerusakan dan kerugian yang disebabkan oleh gempa tergantung pada kekuatan gempa, intensitas gempa, kedalaman sumber gempa, dan lokasi gempa (Widyawati dan Muttaqin, 2010).

Tahun 2019 terjadi gempabumi dengan kekuatan 7,2 Skala Richter (SR) di Maluku Utara. Dampak yang diakibatkan yaitu sejumlah kerusakan seperti 160 rumah roboh dan satu orang dilaporkan meninggal dunia karena tertimpa reruntuhan (Astuti, 2019). Gempabumi serupa juga terjadi di Mamuju pada tahun 2021 dengan magnitudo 6,2 SR. Dampak yang diakibatkan yaitu 105 orang meninggal dunia dan 6.489 orang luka-luka (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022). Berdasarkan data kejadian gempabumi yang dihimpun dari data BMKG (Pusat Database BMKG, 2015), pada tahun 2020 telah terjadi gempabumi sebanyak 32,62% dan pada tahun 2021 sebanyak 34,33% yang terjadi antara pukul (22.00 – 06.00) GMT dari total kejadian gempabumi sebanyak 233 kali, dengan rentang gempa (5 – 9,5) SR. Pada rentang waktu tersebut, mayoritas manusia sedang tertidur sehingga tidak menyadari akan terjadinya gempabumi.

Sejumlah upaya telah dilakukan untuk meminimalisir korban gempa seperti dengan membuat prototipe tempat tidur tanggap gempa otomatis. Anwaruddin (2019) telah membuat prototipe tempat tidur tanggap gempa dengan sensor getar SW-420 berbasis mikrokontroler Atmega 328P. Prototipe ini dapat memberikan peringatan dan membantu melindungi orang ketika terjadi gempa. Prototipe ini dilengkapi dengan sensor PIR dan sensor ultrasonik, untuk mendeteksi adanya manusia yang berada di atas tempat tidur serta mendeteksi benda padat yang akan mengganggu menutupnya pintu pada tempat tidur. Kekurangan dari penelitian ini yaitu prototipe hanya dapat melindungi seseorang tanpa disabilitas, tidak dapat mengetahui kekuatan gempa yang sedang terjadi serta tidak dapat mengetahui lokasi korban gempa jika terjadi reruntuhan bangunan.

Santoso dan Quszaini (2020) telah membuat alat pendeteksi gempabumi menggunakan sensor *accelerometer* MPU6050 berbasis arduino nano serta dilengkapi dengan *solar cell* sebagai sumber energi listrik. Alat ini dapat mendeteksi besar nilai percepatan gempa yang hampir sama dengan *range* tabel referensi skala intensitas gempa dari BMKG. Kekurangan dari penelitian ini yaitu tidak adanya perlindungan terhadap korban gempa serta tidak adanya notifikasi berupa sms terkait gempa yang sedang terjadi.

Fadlillah dan Arifudin (2018) telah membuat alat pendeteksi gempa menggunakan *accelerometer* berbasis arduino. Alat ini dapat berfungsi secara otomatis jika terdeteksi getaran dan *buzzer* akan berbunyi jika terdeteksi getaran sesuai standar atau melebihi data yang dimasukkan. Saat terdeteksi getaran maka *serial com* akan menampilkan data getaran pada laptop jika terhubung dengan alat yang sudah terpasang. Kekurangan dari penelitian ini yaitu tidak adanya perlindungan terhadap korban gempa serta besarnya getaran yang dihasilkan hanya dapat terlihat ketika alat terhubung dengan laptop.

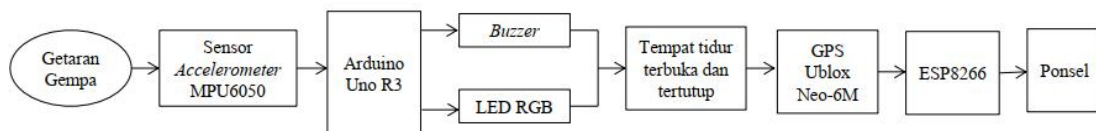
Berdasarkan penelitian dan permasalahan tersebut, dirancanglah sebuah prototipe tempat tidur dengan sistem pelindung buka-tutup otomatis dan notifikasi via GPS untuk antisipasi reruntuhan akibat gempabumi. Prototipe yang dirancang dapat melindungi orang lansia dan disabilitas ketika terjadi gempa serta dapat memberikan peringatan yang ditandai dengan berbunyinya *buzzer*. Secara garis besar, prototipe ini memiliki ruangan di dalam tempat tidur yang dilengkapi dengan kasur di dalamnya untuk alas pelindung. Saat terdeteksi gempabumi, sistem pelindung terbuka, dan orang tersebut akan terjatuh ke dalam tempat tidur dan tempat tidur akan tertutup secara otomatis. Prototipe ini juga dapat mengirimkan notifikasi berupa informasi terkait gempa yang sedang terjadi serta dapat mengetahui lokasi korban gempa dengan koordinatnya didapatkan melalui GPS. Notifikasi dikirimkan melalui Telegram.

II. METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Andalas. Metode yang digunakan adalah metode rancang bangun alat yang terdiri dari rancang bangun perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Selain itu, dibutuhkan beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk merancang bangun prototipe tempat tidur yang terdiri dari solder, tang, akrilik, *jumper*, *power bank*, Arduino Uno, sensor *accelerometer* MPU6050, *buzzer*, motor servo, GPS ublox Neo-6M, ESP8266, LED RGB, *switch* saklar, tombol tekan, dan tombol *reset*.

2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

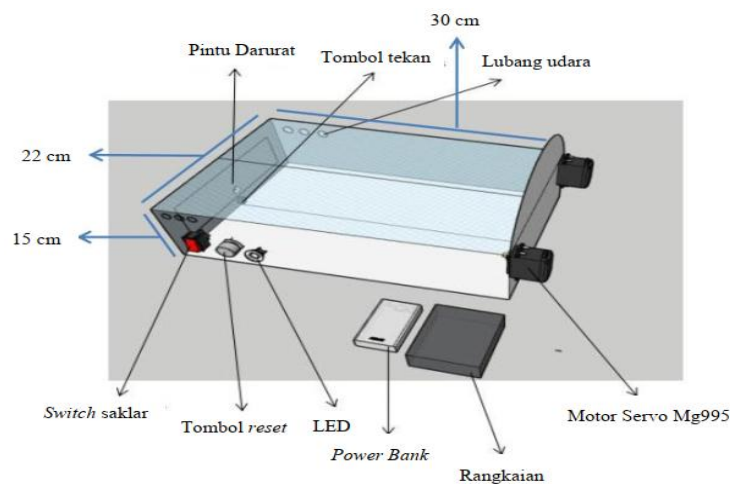
Perancangan perangkat keras sistem dapat digambarkan melalui diagram blok yang dapat dilihat pada Gambar 1. Prinsip kerja rancangan perangkat keras ini diawali dengan sensor MPU6050 mendeteksi getaran gempa, kemudian diproses oleh Arduino Uno. Arduino mengaktifkan *buzzer* dan LED sesuai dengan kondisi gempa yang terdeteksi. Jika prototipe mendeteksi gempa dengan kekuatan ≥ 5 SR, maka prototipe terbuka dan tertutup secara otomatis. Kemudian GPS ublox Neo-6M mendeteksi lokasi korban dan ESP8266 sebagai pengirim data menghubungkan prototipe dengan ponsel keluarga terdekat korban melalui notifikasi yang terkirim ke Telegram.



Gambar 1 Diagram blok sistem

2.2 Perancangan Bentuk Fisik Alat

Perancangan bentuk fisik alat dibuat dalam skala prototipe dengan mempertimbangkan kemudahan dalam penggunaan kerja alat. Dimensi prototipe berukuran 30 cm x 22 cm x 15 cm. Prototipe terbuat dari akrilik dengan ketebalan 3 mm dan pintu darurat prototipe berukuran 15 cm x 6 cm. Bentuk fisik alat yang dirancang ditunjukkan oleh Gambar 2.

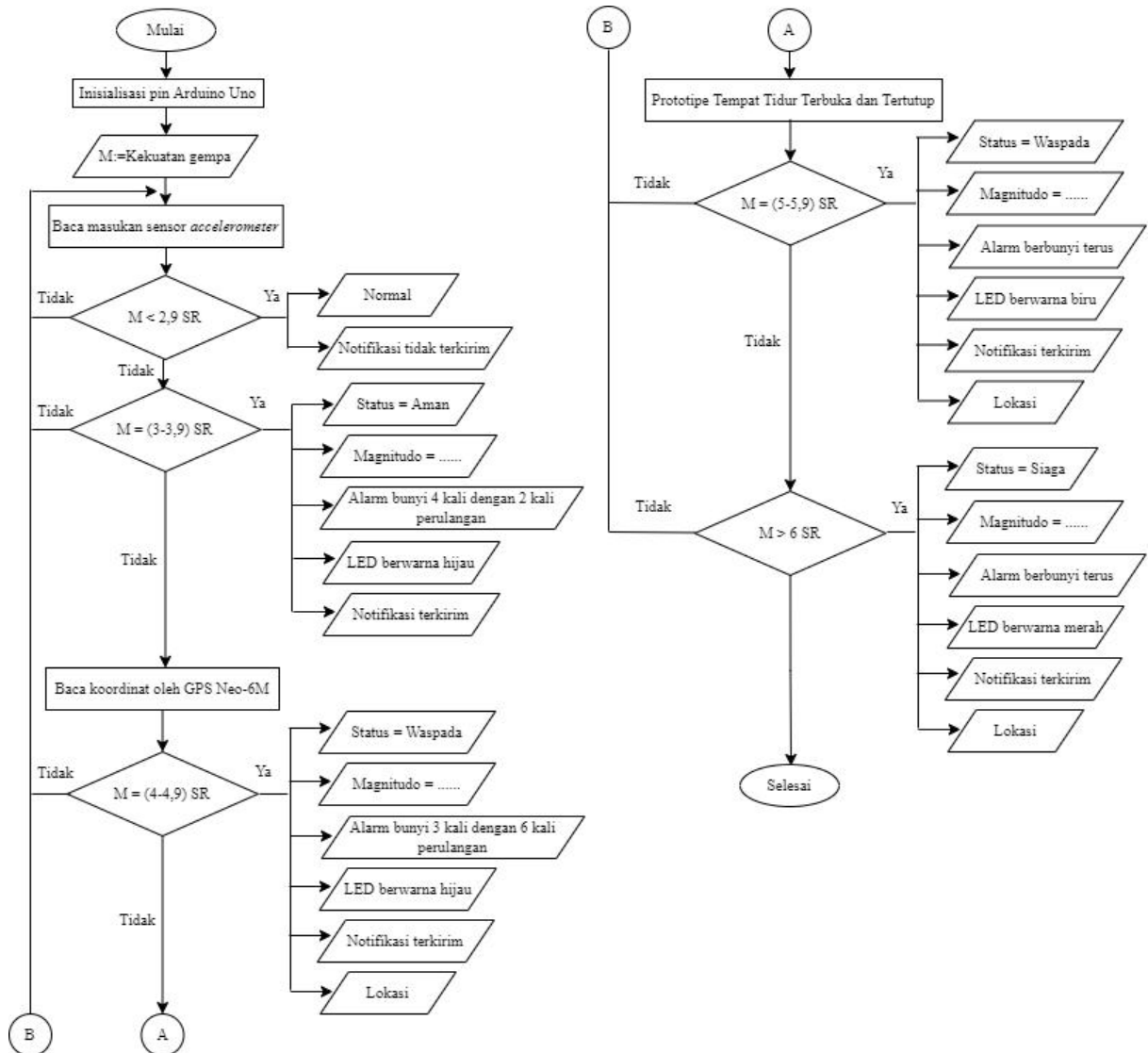


Gambar 2 Perancangan bentuk fisik prototipe

2.3 Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Program prototipe tempat tidur ini ditulis dalam bahasa pemrograman Arduino IDE. Diagram alir menjelaskan bagaimana algoritma prototipe dari awal mendeteksi getaran gempa hingga prototipe tempat tidur yang dapat terbuka dan tertutup. Arduino akan membaca masukan dari sensor *accelerometer*. Hasil dari pembacaan sensor dikelompokkan menjadi 3 status gempa yaitu aman, waspada, dan siaga yang disertai dengan alarm yang berbunyi dan LED yang menyala sesuai dengan kondisi gempa. Jika kekuatan gempa yang terdeteksi ≥ 5 SR, maka prototipe akan terbuka dan tertutup secara otomatis. Besar kekuatan gempa 5 SR ditentukan berdasarkan bahaya yang ditimbulkan oleh gempabumi tersebut, pada kekuatan gempabumi 5 SR ini sudah dapat menimbulkan bahaya yang cukup parah seperti perabotan rumah berat tergeser, beberapa plafon jatuh, dan bangunan yang konstruksinya kurang kuat akan runtuh. Untuk melindungi korban gempa dari bahaya tersebut, maka

prototipe dirancang untuk melindungi korban dengan cara prototipe yang dapat terbuka dan tertutup secara otomatis dimulai dari kekuatan gempa 5 SR. Diagram alir ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir sistem

2.4 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menggabungkan semua komponen dalam satu rangkaian. Rangkaian sistem dihubungkan pada *power bank* yang berfungsi sebagai *power supply*. Data hasil dari sistem ini akan ditampilkan pada ponsel pengguna melalui notifikasi yang terkirim ke Telegram. Notifikasi tersebut berisi kekuatan gempa, status gempa, dan lokasi.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Karakterisasi Sensor *Accelerometer* MPU6050

Proses karakterisasi sensor *accelerometer* MPU6050 dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran sensor yang telah diprogram pada Arduino IDE dengan nilai yang dibaca oleh aplikasi *accelerometer* pada ponsel pengguna. Keluaran dari program dan aplikasi berupa nilai percepatan pada sumbu x, y, dan z. Nilai perbandingan dihasilkan dengan cara memberikan pergerakan yang sama seperti menggerakkan ke arah kiri, kanan, depan, belakang, atas, dan bawah. Nilai keluaran sensor pada Arduino IDE dan nilai pada aplikasi *accelerometer* memiliki tingkat kesalahan 1,37%. Hal ini menunjukkan karakterisasi sensor *accelerometer* MPU6050 sudah berhasil karena dapat bekerja sebagaimana mestinya. Hasil dari karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil karakterisasi antara sensor *accelerometer* dan aplikasi *accelerometer*

No	Nilai Percepatan (m/s^2)					
	Pada sumbu X		Pada sumbu Y		Pada sumbu Z	
	Sensor <i>accelerometer</i>	Aplikasi <i>accelerometer</i>	Sensor <i>accelerometer</i>	Aplikasi <i>accelerometer</i>	Sensor <i>accelerometer</i>	Aplikasi <i>accelerometer</i>
1	-0,62	-0,62	0,07	0,07	0,77	0,78
2	-0,40	-0,40	0,03	0,03	0,91	0,92
3	-0,01	-0,01	0,22	0,22	0,98	0,98
4	-0,65	-0,64	0,07	0,07	0,75	0,77
5	-0,19	-0,20	0,52	0,51	0,84	0,83
6	-0,29	-0,29	0,45	0,45	0,85	0,85
7	-0,06	-0,06	0,05	0,05	1,00	1,00
8	0,05	0,04	-0,23	-0,23	0,97	0,97
9	-0,02	-0,02	0,58	0,58	0,83	0,82
10	-0,02	-0,02	0,27	0,27	0,97	0,97
%error	3,16 %		0,20 %		0,74 %	
	1,37 %					

3.2 Hasil Pengujian GPS Ublox Neo-6M

Pengujian koordinat dilakukan dengan membandingkan nilai koordinat yang ditampilkan pada Arduino IDE dengan nilai yang ditampilkan pada aplikasi *Maps* pada ponsel. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai dari GPS Neo-6M sangat mendekati nilai koordinat yang ditampilkan pada aplikasi *Maps*. Hal ini menunjukkan bahwa modul GPS dan program sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Hasil pengujian karakterisasi modul GPS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian GPS ublox Neo-6M

No	Sistem Koordinat	Koordinat	
		GPS ublox Neo-6M	GPS ponsel
1	<i>Latitude</i>	-0.932586°	-0.932692°
		-0.943259°	-0.943395°
		-0.928406°	-0.928521°
2	<i>Longitudinal</i>	100.409721°	100.409761°
		100.396889°	100.396932°
		100.429130°	100.429278°

3.3 Hasil Pengujian ESP8266

Pengujian modul ESP8266 dilakukan dengan jarak yang bervariasi. Jarak pengujian yang diuji yaitu 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, dan 25 m. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan *stopwatch* pada ponsel untuk memperoleh waktu pengiriman notifikasi Telegram pada masing-masing variasi jarak. Hasil pengujian modul ESP8266 diperlihatkan pada Tabel 3.

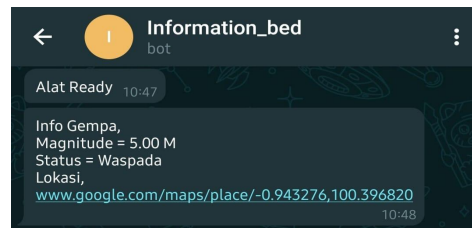
Tabel 3 Hasil pengujian ESP8266

Jarak (m)	Waktu (s)	Keterangan
5	6,14	Terkirim
10	8,70	Terkirim
15	9,62	Terkirim
20	13,12	Terkirim
21	28,80	Terkirim
22	20,14	Terkirim
23	-	Tidak terkirim

Berdasarkan Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak jangkauan maka waktu yang dibutuhkan untuk menerima notifikasi juga akan semakin lama. Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh kondisi sinyal pada lingkungan penerima. Jarak pengiriman notifikasi yang mampu diterima oleh Telegram yaitu 22 meter, hal ini dikarenakan *tathering* WI-FI *hotspot* android hanya memiliki radius jangkauan berjarak 20 meter paling maksimal..

3.4 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan cara memberikan guncangan terhadap prototipe. Prototipe ini dilengkapi dengan sebuah rantai yang mana pada keempat sisinya diberikan paralon yang berisi pegas dengan tujuan untuk memudahkan pada saat memberikan guncangan dan dapat memudahkan dalam melakukan pengujian. Sistem ini bekerja secara otomatis dan dapat dikontrol dari jarak jauh yang berarti alat dapat dikendalikan dari jarak jauh sehingga tetap dapat bekerja sesuai dengan perintah yang dikirim pengguna melalui aplikasi Telegram. Notifikasi yang diterima oleh Telegram dikirimkan melalui akun “*Information_bed*”. Tampilan akun “*Information_bed*” dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampilan akun “*Information_bed*”

Data pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.

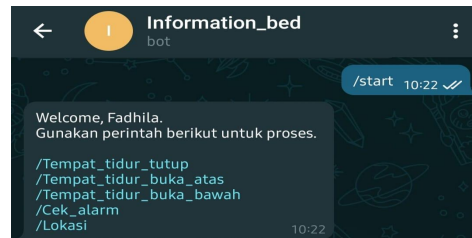
Tabel 4 Hasil pengujian sistem keseluruhan

No	Kekuatan gempa	MMI	Tempat tidur		Alarm	LED	Lokasi	Notifikasi Telegram
			Terbuka	Tidak terbuka				
1	3 SR	III	-	✓	✓	Hijau	-	Terkirim
2	4 SR	IV	-	✓	✓	Biru	Terdeteksi	Terkirim
3	4,5 SR	V	-	✓	✓	Biru	Terdeteksi	Terkirim
4	4,5 SR	V	-	✓	✓	Biru	Terdeteksi	Terkirim
5	5 SR	VI	✓	-	✓	Biru	Terdeteksi	Terkirim
6	5 SR	VI	✓	-	✓	Biru	Terdeteksi	Terkirim
7	6 SR	VII	✓	-	✓	Merah	Tidak terdeteksi	Tidak terkirim
8	6,8 SR	IX	✓	-	✓	Merah	Terdeteksi	Terkirim
9	7,25 SR	X	✓	-	✓	Merah	Terdeteksi	Terkirim
10	8,25 SR	XII	✓	-	✓	Merah	Tidak terdeteksi	Tidak terkirim
Akurasi			Akurasi = $\frac{10-2}{10} \times 100\% = 80\%$					

Berdasarkan Tabel 4, dapat terlihat pada saat gempa berkekuatan 3 SR dengan skala MMI III, status gempa yang terkirim ke Telegram yaitu aman, alarm yang berbunyi, dan lampu LED berwarna hijau. Pada saat terdeteksi 3 SR, prototipe tidak terbuka dikarenakan prototipe akan terbuka jika terdeteksi gempa ≥ 5 SR, beserta lokasi juga tidak terkirim dikarenakan lokasi akan terdeteksi pada saat status gempa waspada. Selanjutnya saat terdeteksi gempa dengan kekuatan 4 SR dan 4,5 SR dengan skala MMI IV dan V, maka status gempa yang terkirim yaitu waspada, alarm berbunyi, LED berwarna biru, prototipe tidak terbuka, dan lokasi terdeteksi. Pada saat terdeteksi gempa 5 SR, status gempa yang terkirim yaitu waspada, alarm berbunyi, LED berwarna biru, prototipe terbuka dan tertutup, dan lokasi yang terdeteksi.

Selanjutnya ketika terdeteksi gempa 6,8 SR dan 7,25 SR dengan skala MMI IX dan X, maka status gempa yang terkirim yaitu siaga, alarm berbunyi, LED berwarna merah, prototipe terbuka dan tertutup, dan lokasi yang terdeteksi. Namun, pada saat terdeteksi 6 SR dan 8,25 SR dengan skala MMI VII dan XII, notifikasi Telegram dan lokasi tidak terkirim ke ponsel pengguna. Hal ini dapat dipengaruhi karena kondisi sinyal yang kurang baik pada daerah sekitar pengguna. Namun, kekuatan gempa dan lokasi dari korban masih dapat terlihat pada *serial.com* aplikasi Arduino IDE, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terkirimnya notifikasi dan lokasi ke pengguna karena dipengaruhi oleh kondisi sinyal yang tidak stabil. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan terdapat 2 data yang tidak berhasil dan 8 data pengujian yang berhasil, sehingga dapat diperoleh persentase akurasi sebesar 80%.

Selanjutnya dilakukan pengujian saat gempa telah selesai yaitu bagaimana cara korban dapat keluar dari dalam tempat tidur. Korban dapat keluar dari dalam tempat tidur menggunakan tiga cara yaitu perintah dari Telegram dengan mengetikkan kalimat “/Tempat_tidur_buka_atas”, menggunakan tombol tekan, dan melewati pintu darurat. Prototipe juga dapat melakukan *monitoring* dari Telegram, seperti melakukan pengecekan apakah prototipe masih berfungsi dengan baik atau tidak. Perintah-perintah yang dapat digunakan, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Perintah-perintah yang dapat digunakan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa prototipe tempat tidur dengan sistem pelindung buka-tutup otomatis dan notifikasi via GPS untuk antisipasi reruntuhan akibat gempabumi telah berhasil dan berfungsi dengan baik. Prototipe dapat merespon dengan baik terhadap guncangan yang diberikan dan dapat mendeteksi tiga status gempa yaitu aman, waspada, dan siaga. Jarak pengiriman notifikasi yang dapat diterima oleh pengguna sejauh 22 meter. Prototipe ini tidak difokuskan pada kekuatan gempanya tapi difokuskan pada mekanisme kerja alat yang dapat terbuka dan tertutup.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian sehingga dapat diselesaikan tepat waktu. Selanjutnya penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) Republik Indonesia yang telah menghibahkan bantuan dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwaruddin, M., 2019, Rancang Bangun Prototipe Tempat Tidur Tanggap Gempa Menggunakan Arduino Uno, *Skripsi*, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Badan Geologi, 2014, *Kekayaan Tektonik Di Indonesia*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Fadlillah, N.I. dan Arifudin, A., 2018, Pembuatan Alat Pendeteksi Gempa Menggunakan Accelerometer Berbasis Arduino, *Jurnal Evolusi*, Vol. 6, No.1, hal. 61-67.
- Firdaus dan Ismail, 2020, Komparasi Akurasi Global Position System (GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi Quadcopter, *Elektron Jurnal Ilmiah*, Vol. 12, No. 1, hal 12-15.
- Geddes, M., 2016, *Arduino Project Handbook*, No Starch press.Inc, San Fransisco.
- Nur, A.M., 2010, Gempa Bumi, Tsunami dan Mitigasinya, *Jurnal Geografi*, Vol.7, No.1, hal.66-73.
- Sunarjo, Gunawan, M.T., dan Pribadi, S., 2012, *Gempa Bumi Edisi Populer*, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Walker, J., 2007, *Fundamental Physics*, 10th Edition, Quad Graphics, CSR Francesca Monaco.
- Widyawati, S. dan Muttaqin, Z., 2010, *Pedoman Kesiapsiagaan Menghadapi Bencana Gempa Bumi*, Paramartha, Bandung.