

DETEKSI TINGGI RENDAH GELOMBANG AIR LAUT MENGGUNAKAN ALGORITMA FUZZY DAN TEKNOLOGI IOT

HIGH AND LOW SEA WAVES DETECTION USING FUZZY ALGORITHM AND IOT TECHNOLOGY

Migent Dipakresna Adityabrima¹, Casi Setianingsih², Randy Erfa Saputra³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹adityabrima@student.telkomuniversity.ac.id, ²setiacasie@telkomuniversity.ac.id,

³resaputra@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada zaman modern ini, teknologi sudah berkembang dengan pesat terutama pada bagian deteksi dini tsunami. Alat tersebut dapat mendeteksi pola gelombang laut yang mengindikasikan jika akan terjadinya tsunami. Indonesia sendiri sudah memiliki alat deteksi dini tsunami yang bernama *buoy* sebanyak 22 unit, tetapi alat tersebut tidak dirawat dengan baik dikarenakan mahal biaya perawatan, bahkan *buoy* tersebut diambil oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Oleh karena itu, dibuatlah alat yang mampu mendeteksi dini jika akan terjadinya gelombang tsunami dengan harga yang relatif murah dan mudah untuk diimplementasikan kepada masyarakat. Alat ini menggunakan mikrokontroler *Arduino Uno* sebagai pusatnya dan menggunakan sensor utama yaitu *MPU6050* dan *HC SR-04* untuk mendeteksi kecepatan gelombang dan ketinggian gelombang serta ditambahkan getaran gempa yang akan mengindikasikan terjadinya tsunami. Data yang telah didapatkan dari sensor tersebut akan diolah menggunakan algoritma fuzzy Mamdani untuk menentukan gelombang air laut tersebut dapat menimbulkan tsunami atau tidak. Alat ini akan menghasilkan bunyi dari *buzzer* dan cahaya dari *led* sebagai peringatan jika alat mendeteksi akan terjadinya tsunami. Untuk menguji alat pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian dengan menggunakan gelombang buatan dan membandingkan hasil data alat dengan alat ukur umum. Penelitian ini akan menentukan apakah gelombang air laut tersebut aman, awas, atau bahaya.

Kata kunci : Tsunami, Gempa, Fuzzy, IoT, MPU6050, HC SR-04

Abstract

In this modern era, technology has been developed very rapidly, especially in early tsunami detection. This tool can detect ocean waves patterns that indicate if a tsunami will occur. Indonesia has 22 units of tsunami early detection tools called *buoys*, but these tools are not adequately maintained due to the high maintenance cost. Irresponsible parties have taken even the *buoys*. Therefore, we make these tools that can detect early tsunami waves at a relatively low price and are easy to implement for the community. This tool uses an *Arduino Uno* microcontroller as the center. It uses the primary sensors, called *MPU6050* and *HC SR-04*, to detect the wave speed and height, and we add earthquake vibrations that will indicate the occurrence of a tsunami. The data that has been obtained from the sensor will be processed using the Mamdani fuzzy algorithm to determine if the seawater waves can cause a tsunami or not. In addition, this tool will produce a sound from the *buzzer* and light from the *led* as a warning if the device detects a tsunami is about to occur. To test the tool in this study, testing will be carried out using artificial waves and comparing the results of the tool data with general measuring instruments. This research will determine if the sea waves are safe, alert, or dangerous.

Keywords: Tsunami, Earthquake, Fuzzy, IoT, MPU6050, HC SR-04

1. Pendahuluan

Teknologi yang terjadi di Indonesia khususnya di masa sekarang ini sudah sangat berkembang pesat, bahkan perkembangan tersebut bisa dibilang setiap menit atau detik selalu terdapat teknologi terbaru. Dengan adanya perkembangan teknologi tersebut, teknologi sistem deteksi dini gelombang tsunami bisa dibuat lebih efisien dengan memanfaatkan teknologi yang telah berkembang pesat tersebut. Indonesia sendiri telah memiliki teknologi yang dapat mendeteksi jika terdapat anomali pada laut yang bernama *buoy*, dan teknologi tersebut telah bekerja secara langsung atau *real-time*. Indonesia memiliki luas total perairan yaitu 6.400.000 km², tentunya dengan luas total perairan yang dimiliki Indonesia tersebut, dibutuhkan alat yang mampu mendeteksi keadaan laut Indonesia dengan lebih efisien. Indonesia telah memiliki sebanyak 22 unit *buoy*, tetapi *buoy* yang dimiliki Indonesia sejak tahun 2012 telah mengalami kerusakan bahkan hingga sekarang ada beberapa unit yang tidak lagi beroperasi dikarenakan biaya perawatan *buoy* yang relatif cukup mahal dan juga beberapa unit telah diambil oleh orang yang tidak bertanggung jawab [1]. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka akan dibuatlah

sebuah alat yang mampu mendeteksi dini tsunami dan juga lebih efisien dari segi pembuatan maupun perawatan, alat ini akan menggunakan *Arduino Uno* sebagai pusatnya dan juga beberapa sensor yang akan digunakan seperti *ultrasonik*, *MPU6050*, *led*, *buzzer*, modul *GPS*, dan juga modul *Internet Of Things*, masing-masing sensor tersebut akan digunakan untuk mengukur ketinggian, arus gelombang laut, getaran gempa yang menghasilkan tsunami dan pengiriman data dari alat ke *platform thingspeak*, fungsi algoritma ini adalah untuk memberi informasi bahwa jika terdapat indikasi tsunami alat akan memberikan tanda suara dari *buzzer* dan lampu indikator *led*. Dengan adanya alat ini diharapkan dapat membantu dan memudahkan masyarakat dalam memantau pergerakan gelombang laut dengan lebih efisien dan akurat, juga dapat menjadi alat yang mampu memberikan data yang lebih baik untuk digunakan.

2. Dasar Teori

2.1 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat energi dalam bumi yang menghasilkan gelombang seismik. Gempa bumi sering terjadi pada batas lempeng bumi dan juga gempa bumi juga dapat terjadi melalui pergerakan magma di gunung berapi. Gempa bumi tektonik merupakan gempa bumi yang sering terjadi, merupakan getaran yang dihasilkan dari peristiwa pematahan batuan akibat benturan dua lempeng [2].

2.2 Tsunami

Tsunami merupakan salah satu jenis bencana alam yang berkaitan dengan gelombang laut. Disebabkan oleh gempa bumi yang dahsyat yang terjadi di dasar laut. Tsunami juga dapat terjadi karena letusan gunung berapi dibawah permukaan laut [2].

2.3 Gelombang Laut

Gelombang laut merupakan pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus di permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Juga disebabkan oleh angin yang berada diatas laut yang menyebabkan alun atau bukit dan merubahnya menjadi gelombang [3].

2.4 Peak Ground Acceleration (PGA)

PGA merupakan nilai percepatan getaran tanah yang terjadi pada suatu tempat yang diakibatkan oleh getaran gempa bumi. Merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menyatakan kekuatan suatu getaran gempa dan juga karakteristik PGA bisa didapatkan melalui catatan kejadian gempa di masa lalu, nilai PGA berasal dari seberapa besar kerasnya getaran pada titik geografis tertentu. Getaran biasanya dimodelkan dengan gerakan horizontal dan vertikal sehingga PGA mencatat percepatan atau tingkat perubahan kecepatan getaran pada gempa. Percepatan bumi setara dengan *g-force* sebagai decimal ($1g = 9.81 \text{ m/s}^2$) atau dalam gal dimana nilai 1 gal sama dengan 0.01 m/s^2 ($1g = 981 \text{ gal}$) [4].

2.5 Internet of Things

IoT adalah suatu konsep dimana konektifitas internet dapat bertukar informasi satu sama lain dengan benda-benda disekitar. IoT akan mempermudah kegiatan manusia dalam melakukan aktifitas sehari-hari. Semua kegiatan dapat dilakukan dengan praktis dan dengan adanya kontrol perangkat yang terhubung menyebabkan kehidupan akan lebih efektif [5].

2.6 Arduino

Arduino adalah kit elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip mikrokontroler* dengan jenis AVR. *Mikrokontroler* merupakan IC yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* yang diinginkan [6].

2.7 Skala Intensitas Gempabumi (SIG-BMKG)

Skala ini menyatakan dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya gempabumi. SIG-BMKG dapat digagas dan disusun dengan mengakomodir keterangan dampak gempabumi berdasarkan tipikal budaya di Indonesia. Skala ini disusun lebih sederhana dengan hanya memiliki lima tingkatan [7].

Skala SIG-BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	III	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2.9-85
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, atap bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Retak kerata api melengkung.	IX-XII	> 564

Gambar 2. 1 SIG-BMKG

2.8 Algoritma Logika Fuzzy

Algoritma Logika Fuzzy adalah cabang ilmu AI yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia dan juga memerlukan kecerdasan. Logika Fuzzy ini dapat bernilai benar dan salah secara bersamaan, tergantung pada bobot keanggotaan yang diberikan.

1. Tahap Fuzzifikasi

Merupakan proses memetakan nilai numerik ke dalam bentuk himpunan fuzzy. Nilai yang diberikan dan memiliki kebenaran bersifat pasti (*Crisp Input*) dirubah menjadi bentuk masukan fuzzy, dimana masukan fuzzy berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaannya.

2. Tahap Inferensi

Tahap inferensi ini merupakan tahap evaluasi pada aturan fuzzy. Tahap evaluasi ini dilakukan berdasarkan penalaran dengan menggunakan input fuzzy dan aturan fuzzy sehingga mendapatkan keluaran berupa himpunan fuzzy.

$$\mu_{B^k}(y) = \max[\min[\mu_{A_1^k}(x_i), \mu_{A_2^k}(x_i)]]_k \quad (2.1)$$

3. Tahap Defuzzifikasi

Tahap ini, hasil proses inferensi akan diubah menjadi nilai anggota untuk mengetahui nilai keluaran berdasarkan aturan yang telah dibuat. Nilai fuzzifikasi diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata pada hasil fuzzifikasi. Prinsip dalam mendesain logika fuzzy adalah dengan mengatur parameter fungsi keanggotaan dan manfaat fuzzy. Data yang belum pasti merupakan data yang penting dari logika fuzzy, dikarenakan data tersebut akan diproses melalui tahap-tahap tersebut agar mendapatkan nilai-nilai yang mewakili mana yang benar dan salah. Defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani dengan menggunakan metode *centroid*. Dimana pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$y^* = \frac{\sum y \mu_R(y)}{\sum \mu_R(y)} \quad (2.2)$$

Keuntungan menggunakan metode *centroid* adalah nilai defuzzifikasi akan bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu himpunan fuzzy juga akan berjalan dengan halus, dan juga lebih mudah dalam perhitungan [8].

2.9 Parameter Pengukuran

Untuk mendapatkan nilai akselerasi dan gravitasi pada sensor yang akan digunakan, digunakan persamaan:

$$gravity = \sqrt{Ac_X^2 + Ac_Y^2 + Ac_Z^2} \quad (2.3)$$

Keterangan:

A = Akselerasi

Ac_X = Nilai akselerasi sumbu X

Ac_Y = Nilai akselerasi sumbu Y

Ac_Z = Nilai akselerasi sumbu Z

Setelah nilai *gravity* didapatkan, selanjutnya nilai *Peak Ground Acceleration* dengan menggunakan rumus:

$$PGA = \frac{(gravity\ sekarang - gravity\ sebelumnya) \times 1000}{\Delta waktu} \quad (2.4)$$

Keterangan:

PGA = *peak ground acceleration*

Gravity sekarang = nilai yang didapatkan berdasarkan rumus *gravity* waktu terkini

Gravity sebelumnya = nilai yang didapatkan berdasarkan rumus *gravity* sebelumnya

$\Delta waktu$ = selisih waktu alat mulai dikurang waktu alat sebelumnya

Setelah mendapatkan kedua nilai, data akan dirubah menjadi satuan gal dimana nilai 1 g = 9.806m/s² atau dalam satuan gal dimana 1 gal sama dengan 0.01m/s² (1 g = 981 gal) [9].

$$GAL = PGA \times 981 \quad (2.5)$$

Keterangan=

Gal = Gal

PGA = Nilai PGA yang telah didapatkan sebelumnya

Lalu pada kecepatan gelombang dibutuhkan kecepatan sudut dan ketinggian gelombang, berikut persamaan yang digunakan:

$$\omega = (\sqrt{Gy_X^2 + Gy_Y^2 + Gy_Z^2}) \times 0.0175 \quad (2.6)$$

Keterangan=

ω = Kecepatan sudut

Gy_X = Nilai *gyroscope* X

Gy_Y = Nilai *gyroscope* Y

Gy_Z = Nilai *gyroscope* Z

Nilai tersebut merupakan nilai kecepatan sudut dalam satuan *deg/sec*. Nilai tersebut akan dikalikan dengan nilai 0.0175 (1 *deg/sec* = 0.0175).

Untuk mendapatkan nilai maksimum ketinggian gelombang, digunakan rumus sebagai berikut [10]:

$$y = \frac{a}{\omega^2} \quad (2.7)$$

Keterangan=

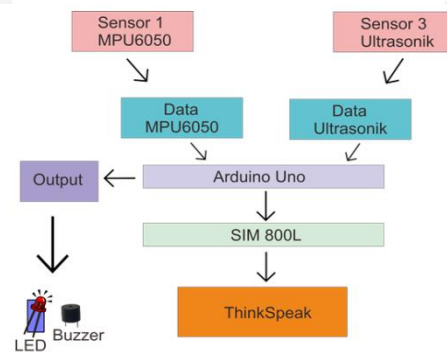
v = Kecepatan gelombang

ω = Kecepatan Sudut

y = Tinggi gelombang

3. Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Sistem

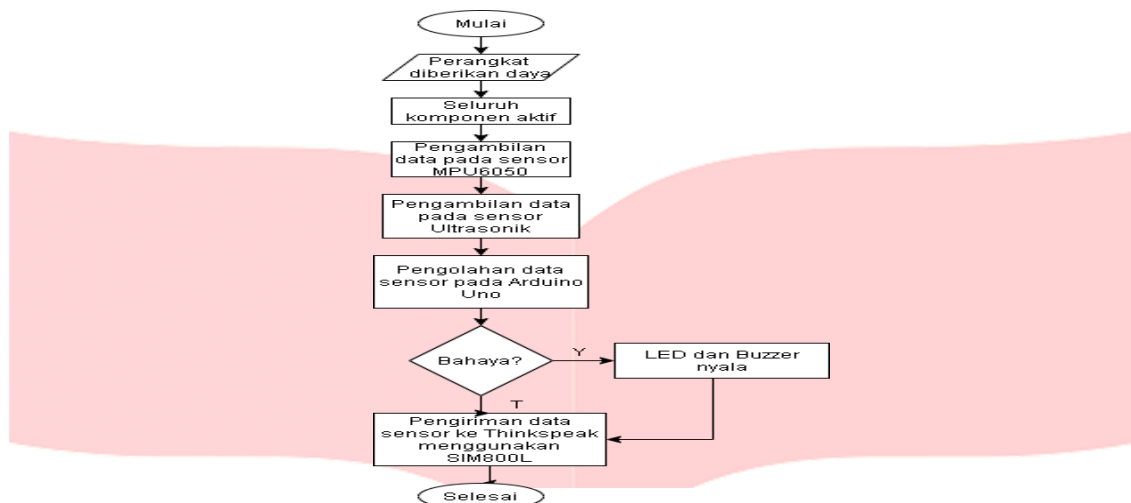


Gambar 3. 1 Gambaran Umum Sistem

Secara umum, sistem yang akan dibangun ini menggunakan *Arduino Uno* sebagai mikrokontroler utamanya, menggunakan 2 sensor, yaitu *MPU6050* dan ultrasonik, data tersebut akan diolah untuk mendapatkan nilai kecepatan gelombang, ketinggian gelombang, serta getaran gempa bumi.

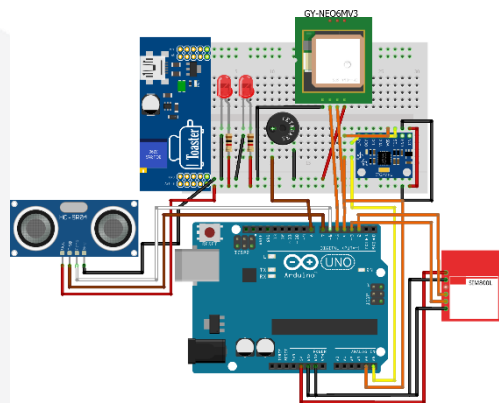
3.2 Rancangan Sistem

Rancangan sistem yang akan dibangun dimulai dari proses pengambilan data oleh sensor – sensor yang digunakan hingga pengiriman data sensor ke *platform thingspeak*. Rancangan sistem dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3. 3 Rancangan Sistem

Berdasarkan gambar diatas, sistem dimulai dengan proses pengambilan data oleh sensor, yang kemudian data akan diolah pada *Arduino Uno* dengan menghasilkan *output* kecepatan, ketinggian gelombang serta getaran gempabumi. Jika terindikasi tsunami maka *led* dan *buzzer* akan menyala dan mengirimkan data ke *server thingspeak*, dan jika tidak terindikasi tsunami *led* dan *buzzer* tidak akan menyala dan data akan tetap dikirim ke *server thingspeak*.



Gambar 3. 2 Pemasangan Sensor

3.3 Pemasangan Sensor

Pada gambar 3.3 sensor yang akan digunakan adalah *MPU6050*, *HC-SR04*, dan juga *TinyGPS*. Sensor *MPU6050* memiliki empat pin yang digunakan, yaitu *Vcc* ke 5v, *Gnd* ke *Gnd Arduino*, *Scl* ke pin A5 dan *Sda* ke pin A4. Lalu untuk *HC-SR04* terdapat empat pin yang digunakan yaitu *Vcc* ke 5v, *Gnd* ke *Gnd Arduino*, *Trig* ke pin 7 dan *Sda* ke pin 6. Selanjutnya ada *GY-NEO6MV3* yang memiliki empat pin yang digunakan *Vcc* ke 5v, *Gnd* ke *Gnd Arduino*, *Rx* ke pin 4 dan *Tx* ke pin 5. Lalu pada *SIM800L* menggunakan 5 pin, yaitu *Vcc* ke 5v, *Gnd* ke *Gnd*, *Tx* ke pin 2, *Rx* ke pin 3, dan *Gnd* ke *Gnd*. Pada *buzzer* menggunakan 2 pin, yaitu *Gnd* ke *Gnd*, dan *Vcc* ke pin 8. Lalu yang terakhir ada *led* menggunakan 2 pin, yaitu *Gnd* ke *Gnd*, dan *Vcc* ke pin 9, pada *Vcc led* ditambahkan resistor sebesar 1k agar daya yang masuk tidak terlalu besar.

4. Implementasi dan Pengujian Sistem

4.1 Implementasi Sistem



Gambar 4. 1 (a) Alat yang telah diuji coba, (b) Implementasi Realisasi Sistem

Pada gambar 4.1 (a) Merupakan rangkaian alat yang sudah di implementasikan, gambar 4.4 (b) adalah komponen perangkat keras yang digunakan untuk mendeteksi gelombang tsunami. Alat yang telah diimplementasikan tersebut telah berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk memonitoring keadaan gelombang air laut.

4.2 Pengujian Nilai Gal

Tabel 4. 1 Pengujian Nilai Gal

No	Waktu	Nilai Awal	Nilai Akhir	Keterangan
1	23:16	0.00 gal	17.88 gal	Berhasil
2	WIB	17.88 gal	2.47 gal	Berhasil
3		2.47 gal	0.76 gal	Berhasil
4	23.29	0.76 gal	140.99 gal	Berhasil
5	WIB	140.99 gal	61.37 gal	Berhasil
6		61.37 gal	45.63 gal	Berhasil
7		45.63 gal	32.36 gal	Berhasil
8		32.36 gal	1.40 gal	Berhasil
9	23.30	1.40 gal	43.88 gal	Berhasil
10	WIB	43.88 gal	121.31 gal	Berhasil

4.3 Pengujian Kecepatan Gelombang

Tabel 4. 2 Pengujian Kecepatan Gelombang

No	Kecepatan Awal	Kecepatan Akhir	Keterangan
1	0.24 m/s ²	0.26 m/s ²	Berubah
2	0.26 m/s ²	0.10 m/s ²	Berubah
3	0.10 m/s ²	0.58 m/s ²	Berubah
4	0.17 m/s ²	0.15 m/s ²	Berubah
5	1.02 m/s ²	0.99 m/s ²	Berubah
6	0.74 m/s ²	0.28 m/s ²	Berubah
7	0.22 m/s ²	0.16 m/s ²	Berubah
8	0.21 m/s ²	0.03 m/s ²	Berubah
9	0.23 m/s ²	0.3 m/s ²	Berubah
10	0.10 m/s ²	0.13 m/s ²	Berubah

4.4 Pengujian Ketinggian Gelombang

Tabel 4. 3 Pengujian Ketinggian Gelombang

No	Ketinggian Pada Alat	Ketinggian Alat Ukur	Keterangan
1	0.083 m	8 cm	Valid
2	0.084 m	8 cm	Valid
3	0.083 m	8 cm	Valid
4	0.076 m	7.5 cm	Valid

No	Ketinggian Pada Alat	Ketinggian Alat Ukur	Keterangan
5	0.080 m	8 cm	Valid
6	0.087 m	8.5 cm	Valid
7	0.083 m	8 cm	Valid
8	0.082 m	8 cm	Valid
9	0.083 m	8 cm	Valid
10	0.133 m	13 cm	Valid

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada alat deteksi dini tsunami berbasis IoT ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem deteksi tsunami sudah diimplementasikan dengan baik dan dapat memonitoring keadaan gelombang air laut,
2. Alat deteksi gelombang air laut sudah berjalan dengan baik dan menghasilkan output yang sesuai berupa peringatan,
3. Pengujian pada Sensor MPU6050 pada kalibrasi menunjukkan nilai sumbu X, Y, dan Z mendekati 0,
4. Hasil pengiriman data pada *thingspeak* dengan *Arduino Uno* menggunakan *SIM800L* telah sesuai.

Referensi

- [1] B. N. Jurnalis, "Lima hal yang perlu diketahui tentang buoy alat deteksi tsunami," BBC News, 2018.
- [2] A. M. Nur, "Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya," *Jurnal Geografi*, vol. 7, no. 1, 2010.
- [3] R. Kurniawan, M. N. Habibie and S. , "Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 12, no. 3, pp. 221-232, 2011.
- [4] G. Pasau, C. Maramis and G. H. Tamuntua, "Analisis Percepatan Tanah Maksimum Akibat Adanya Gempa Bumi di Lengan Utara Pulau Sulawesi Menggunakan Metode Fukushima Tanaka," *Jurnal MIPA*, vol. 9, no. 2, p. 97, 2020.
- [5] D. Setiadi and M. N. A. Muhaemin, "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)," *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 3, no. 2, p. 2, 2018.
- [6] G. W. Wohingati and A. Subari, "Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan Pulse sensor Berbasis Arduino Uno R3 Yang Diintegrasikan Dengan Bluetooth," *Gema Teknologi*, vol. 17, no. 2, pp. 65-71, 2015.
- [7] BMKG, "Skala Intensitas Gempabumi (SIG) BMKG," BMKG, 05 AGUSTUS AGUSTUS. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-intensitas-gempabumi.bmkg>. [Accessed 05 AGUSTUS AGUSTUS].
- [8] M. Djunaidi, E. Setiawan and F. W. Andista, "Penentuan Jumlah Produksi Dengan Aplikasi Fuzzy – Mamdani," pp. 95-104, 2005.
- [9] A. Pranesthi, B. Irawan and C. Setianingsih, "Prototype Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi Berdasarkan Sinyal Geomagnetik Dan Analisa Pola Waktu Musim Kemarau Dengan Algoritma Radial Basis Function Network Berbasis Internet of Things," vol. 7, no. 1, pp. 1676-1683, 2020.
- [10] M. R. Andreas, R. E. Saputra and C. Setianingsih, "PURWARUPA ALAT PENDETEKSI GELOMBANG AIR LAUT BERBASIS INTERNET OF THINGS PROTOTYPE OF SEA WATER WAVE DETECTION DEVICE BASED ON INTERNET," vol. 8, no. 2, pp. 2031-2044, 2021.