SISTEM *MONITORING* TINGGI PERMUKAAN AIR LAUT UNTUK MENDETEKSI POTENSI TSUNAMI MENGGUNAKAN *SMART SENSOR* BNO055

SEA LEVEL MONITORING SYSTEM FOR TSUNAMI POTENTIAL DETECTION USING SMART SENSOR BNO055

Rizka Alifya Rahman[1], Muhammad Ary Murti[2], Faisal Budiman[3]

[1,2,3] Universitas Telkom, Bandung
[1]rizkalifyaa@student.telkomuniversity.ac.id, **[2]arymurti@telkomuniversity.ac.id**,
[3]faisalbudiman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Bencana alam merupakan hal yang tidak dapat dihindari oleh manusia. Bencana alam dapat menimbulkan dampak kerugian berupa harta benda maupun korban jiwa. Salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia adalah tsunami. Dengan adanya ancaman bencana tersebut, maka dibutuhkan suatu alat yang dapat memonitoring tinggi permukaan air laut dan tinggi gelombang. Oleh karena itu, dibuatlah suatu sistem untuk memantau keaadan gelombang yang dapat mendeteksi potensi tsunami dengan memberikan informasi berupa ketinggian permukaan air dan tinggi gelombang laut menggunakan modul sensor BNO055 sebagai komponen utamanya. Sensor ini terdiri dari accelerometer, gyroscope, dan magnetometer untuk mendeteksi perubahan percepatan, kecepatan sudut, dan medan magnet, serta mengintegrasikan ketiga data tersebut agar dapat menghasilkan pengukuran ketinggian gelombang. Penelitian ini berhasil mengkomunikasikan sensor BNO055 dengan Raspberry Pi 3 Model B+. Penelitian diawali dengan kalibrasi dan pengolahan data mentah dari sensor. Data yang telah diolah menjadi data ketinggian permukaan air dan tinggi gelombang dapat dipantau melalui platform Antares. Setelah melakukan pengujian, diperoleh persentase nilai akurasi sebesar 94,96% untuk pengukuran posisi pada sumbu X, 94,37% pada sumbu Y, dan 91,91% pada sumbu Z, serta 97,31% pada parameter ketinggian gelombang.

Kata kunci : ***Tsunami, BNO055, Pemantauan Tinggi Permukaan Air Laut***

Abstract

Natural disasters are things that cannot be avoided by humans. Natural disasters can cause losses in the form of property and loss of life. One of the natural disasters that often occurs in Indonesia is tsunami. With the threat of this disaster, a tool is needed that can monitor sea level and wave height. Therefore, a system was created to monitor wave conditions that can detect potential tsunamis by providing information in the form of water level and sea wave height using the BNO055 sensor module as its main component. This sensor consists of an accelerometer, gyroscope, and magnetometer to detect changes in acceleration, angular velocity, and magnetic field, and integrates these three data to produce wave height measurements. This research succeeded in communicating the BNO055 sensor with the Raspberry Pi 3 Model B+. The research begins with the calibration and processing of raw data from sensors. The data that has been processed into water level and wave height data can be monitored through the Antares platform. After doing the test, the percentage of accuracy values obtained is 94.96% for position measurement on the X-axis, 94.37% on the Y-axis, and 91.91% on the Z-axis, and 97.31% on the wave height parameter.

Keywords: ***Tsunami, BNO055, Sea Level Monitoring***

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang terletak di antara pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia. Hal ini menyebabkan di Indonesia rawan terjadi gempa bumi, yang mana jika gempa terjadi di bawah laut, maka akan memicu timbulnya bencana tsunami. Berdasarkan katalog gempa (416-2018), pada tahun 1600 hingga tahun 2018, tercatat sebanyak 245 kasus tsunami terjadi di Indonesia dengan berbagai macam ketinggian gelombang. Kasus bencana tsunami yang menelan korban jiwa terbanyak yaitu pada tahun 2004 di Banda Aceh (NAD) dengan korban meninggal sebanyak 227.898 orang [1].

Pada penelitian sebelumnya, telah dibahas mengenai pengembangan perangkat pengukur ketinggian gelombang laut menggunakan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang berfokus pada efektivitas pembacaan dan pengiriman data accelerometer dan gyroscope dari pergerakan gelombang laut [2]. Untuk mengembangkan penelitian terkait, dalam penelitian ini akan dibuat sistem monitoring tinggi permukaan air laut menggunakan modul smart sensor BNO055 yang merupakan salah satu jenis *Inertial Measurement Unit Sensor* (IMU) dengan komponen berupa *accelerometer*, *gyroscope*, dan *magnetometer*. Sistem ini akan mendeteksi pergerakan

gelombang laut dan mengolah data yang didapatkan sehingga menghasilkan *output* berupa data ketinggian permukaan air laut dan tinggi gelombang yang selanjutnya akan dikirimkan ke server Antares untuk dipantau.

2. Dasar Teori

2.1 Gelombang Laut

Gelombang laut adalah peristiwa naik turunnya air laut membentuk kurva sinusoidal yang umumnya terjadi karena tiupan angin baik secara langsung maupun tidak langsung [3]. Berdasarkan *website* resmi Pusat Meteorologi Maritim [4], ketinggian gelombang laut dapat dikategorikan sebagai berikut:

a. Gelombang tenang: 0,1 – 0,5 m
b. Gelombang rendah: 0,5 – 1,25 m
c. Gelombang sedang: 1,25 – 2,5 m
d. Gelombang tinggi: 2,5 – 4,0 m
e. Gelombang sangat tinggi: 4,0 – 6,0 m
f. Gelombang ekstrem: 6,0 – 9,0 m
g. Gelombang sangat ekstrem 9,0 – 14,0 m

2.1.1 Tinggi Gelombang

Definisi tinggi gelombang *H* merupakan jarak vertikal antara elevasi permukaan tertinggi dan terendah dalam gelombang. Dengan demikian, gelombang hanya akan memiliki satu tinggi gelombang. Dalam rekaman gelombang dengan gelombang sebanyak N gelombang, tinggi gelombang rata-rata $\bar{H}$ dapat didefinisikan sebagai:

$$\bar{H} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} H_i$$

dengan *i* adalah urutan gelombang pada rekaman gelombang [5].

2.1.1 Periode Gelombang

Periode *T* gelombang didefinisikan sebagai interval waktu antara awal dan akhir gelombang. Rata-rata periode gelombang ini dilambangkan dengan T_0 kemudian dianalogikan dengan tinggi gelombang rata-rata $\bar{H}$, sebagai:

$$\bar{T_0} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} T_{0i}$$

dengan *i* adalah urutan gelombang pada rekaman gelombang [5].

2.2 Tinggi Permukaan Laut

Tinggi permukaan laut atau *Sea Surface High* (SSH) merupakan tinggi permukaan laut di atas ellipsoid referensi WGS'84 (*World Geodetic System 1984)* yang diukur berdasarkan selisih tinggi satelit altimetri ke bidang ellipsoid terhadap tinggi satelit ke permukaan laut dengan memperhatikan koreksi Ionosfer dan Troposfer. Tinggi permukaan air laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti *Water Sea High* (WSH), morfologi pantai, iklim, dan cuaca [6].

Fluktuasi muka air terhadap muka air diam di daerah pantai disebabkan oleh gelombang yang datang dari laut. Pada saat gelombang pecah, akan terjadi penurunan elevasi muka air rata-rata terhadap muka air diam yang dikenal sebagai *wave set-down* dan daerah di sekitar gelombang yang pecah akan miring ke atas ke arah pantai di mana kenaikannya disebut *wave set-up* [7].

2.3 Tsunami

Tsunami merupakan gelombang laut yang timbul karena adanya gempa tektonik atau gempa vulkanik yang terjadi di dasar laut. Magnitudo tsunami yang terjadi di Indonesia berkisar antara 1,5 sampai 4,5 skala Imamura dengan tinggi gelombang antara 4-24 meter. Tanda-tanda awal terjadinya tsunami antara lain surutnya air laut secara drastis, terciumnya bau garam yang menyengat, dan terbangnya burung-burung dari laut menuju ke daratan[8]. Selain itu, potensi tsunami dapat pula ditandai dengan terdapat lonjakan pada ketinggian permukaan air laut secara tiba-tiba ataupun anomali pada gelombang laut.

2.4 Sensor IMU

Sensor merupakan komponen elektronika yang dapat mendeteksi adanya perubahan pada lingkungan baik berupa perubahan fisik maupun kimia [9]. Salah satu jenis sensor yang digunakan dalam perangkat elektronik adalah sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU). Sensor IMU berfungsi untuk mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi dengan menggunakan komponen utama berupa *accelerometer* dan *gyroscope*. *Accelerometer* mengukur percepatan dengan cara mengintegralkan percepatan benda terhadap waktu. *Gyroscope* berfungsi untuk

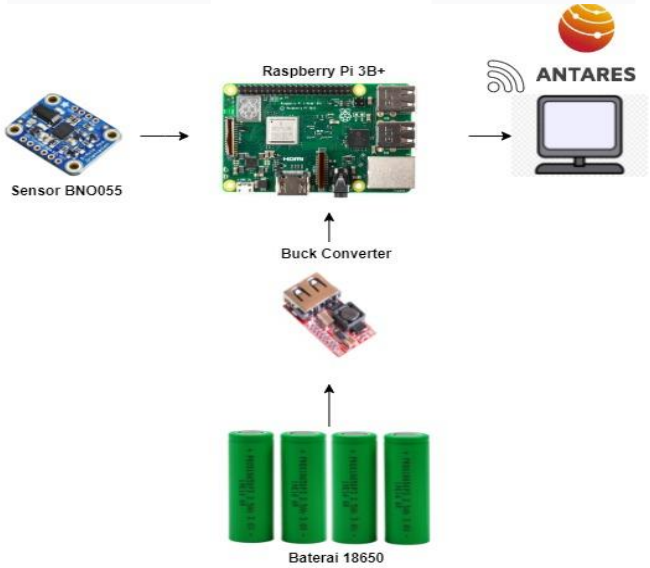
mendeteksi gerakan sesuai dengan gerakan pengguna dengan output berupa kecepatan sudut dari sumbu x, y, dan z [10].

3. Perancangan Sistem

3.1. Gambaran Umum Sistem

Perangkat yang dibuat terdiri dari sensor BNO055 sebagai komponen utama yang memuat *accelerometer*, *gyroscope*, dan *magnetometer* yang digunakan untuk memantau keadaan gelombang laut. Raspberry Pi digunakan sebagai pengolah data serta berfungsi untuk mengirimkan data ke server Antares agar dapat dipantau melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Pada implementasinya, perangkat diletakkan dalam kotak mika tahan air, lalu direkatkan pada *buoy* yang dapat mengapung dengan baik di laut. Hal ini berguna agar alat tidak mudah rusak karena air laut dan dapat menyesuaikan dengan pergerakan gelombang. Gambar 3.1 menunjukkan ilustrasi gambaran umum sistem saat dioperasikan pada daerah perairan. Gambaran umum perangkat dan komponen yang digunakan tertera pada Gambar 3.2.

Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 3.2 Gambaran Umum Perangkat

3.2 Desain Perangkat Lunak

Gambar diagram alir yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3. *Input* yaitu pergerakan gelombang laut akan dideteksi oleh sensor. Sensor akan membaca data berupa perubahan percepatan, posisi dan kecepatan sudut, serta medan magnet. Mikrokomputer yang terhubung dengan sensor akan mengolah data mentah menjadi data ketinggian permukaan air laut dan tinggi gelombang yang siap untuk dikirim ke server.

Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem

3.3 Pengolahan Data

Sebelum melakukan pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi dan penyesuaian pada sensor. Proses pengambilan data secara matematis adalah sebagai berikut:

1. Data Akselerasi

Sensor BNO055 merupakan *smart sensor* yang dapat membaca akselerasi pada sumbu x, y, dan z. Perintah pembacaan data mentah dapat langsung dipanggil melalui *library*. Untuk kalkulasi ketinggian gelombang menggunakan nilai resultan dari akselerasi yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$a = \sqrt{{a_x}^2 + {a_y}^2 + {a_z}^2} \qquad (3.1)$$

Jika sebelumnya nilai akselerasi yang diperoleh masih dipengaruhi oleh nilai gravitasi, maka nilai gravitasi dihilangkan dengan cara mengurangkan nilai a dengan nilai standar gravitasi (1g = 9,806 m/s^2) [11].

2. Data Kecepatan Sudut

Data kecepatan sudut dapat diperoleh dari pembacaan sensor *gyroscope*. Sensor BNO055 melakukan pembacaan pada sumbu x, y, dan z dalam rad. Oleh karena itu, nilai kecepatan sudut dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\omega = \sqrt{{\omega_x}^2 + {\omega_y}^2 + {\omega_z}^2} \qquad (3.2)$$

Nilai yang digunakan adalah nilai resultan kecepatan sudut dengan satuan rad/s [11].

3. Data Ketinggian Gelombang

Data ketinggian gelombang dapat dihitung ketika percepatan gelombang bernilai maksimum, yaitu pada saat amplitudo mencapai posisi puncak gelombang yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$a = \omega^2 \times y \qquad (3.3)$$

Nilai a merupakan nilai akselerasi, ω merupakan kecepatan sudut, dan *y* adalah posisi amplitudo atau puncak gelombang. Untuk mencari nilai y dari persamaan 3.3 dapat diturunkan sebagai berikut:

$$y = \frac{\omega^2}{a} \qquad (3.4)$$

Dengan persamaan 3.4, maka dapat diperoleh nilai tinggi gelombang [11].

4. Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian Posisi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi sensor dalam membaca jarak perpindahan pada sumbu x, y, dan z. Alat ukur yang digunakan sebagai pembanding nilai sensor dengan nilai sebenarnya adalah mistar. Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan sensor pada bidang datar, lalu digerakkan sesuai dengan jarak yang telah ditentukan. Percobaan dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap titik yang telah ditentukan.

Tabel 4.1 Pengujian Posisi Sumbu X

No	Posisi Sebenarnya (cm)	Rata-rata Posisi Tercatat (cm)	Persentase Eror (%)
1	10	10,84	8,42
2	20	20,86	4,32
3	30	30,97	3,22
4	40	41,13	2,83
5	50	51,37	2,75
6	60	61,68	2,80
7	70	72,06	2,95
8	80	82,51	3,14
9	90	93,04	3,38
10	100	103,65	3,65
11	110	114,34	3,94
12	120	125,12	4,27
13	130	136,00	4,62
14	140	146,99	4,99
15	150	158,08	5,39
Eror Rata-rata			**4,04**

Tabel 4.2 Pengujian Posisi Sumbu Y

No	Posisi Sebenarnya (cm)	Rata-rata Posisi Tercatat (cm)	Persentase Eror (%)
1	10	10,66	6,58
2	20	20,66	3,29
3	30	30,81	2,71
4	40	41,14	2,84
5	50	51,61	3,22
6	60	62,23	3,72
7	70	73,01	4,29
8	80	83,91	4,89
9	90	94,97	5,52
10	100	106,16	6,16
11	110	117,50	6,82
12	120	129,01	7,51
13	130	140,70	8,23
14	140	152,55	8,96
15	150	164,57	9,71
Errr Rata-rata			**5,63**

Tabel 4.3 Pengujian Posisi Sumbu Z

No	Posisi Sebenarnya (cm)	Rata-rata Posisi Tercatat (cm)	Persentase Eror (%)
1	10	10,50	5,05
2	20	20,47	2,35
3	30	30,72	2,39
4	40	41,24	3,09
5	50	52,00	4,00
6	60	63,05	5,08
7	70	74,36	6,23
8	80	85,92	7,40
9	90	97,75	8,61
10	100	109,81	9,81
11	110	122,12	11,02
12	120	134,69	12,24
13	130	147,51	13,47
14	140	160,59	14,71
15	150	173,92	15,95
Eror Rata-rata			**8,09**

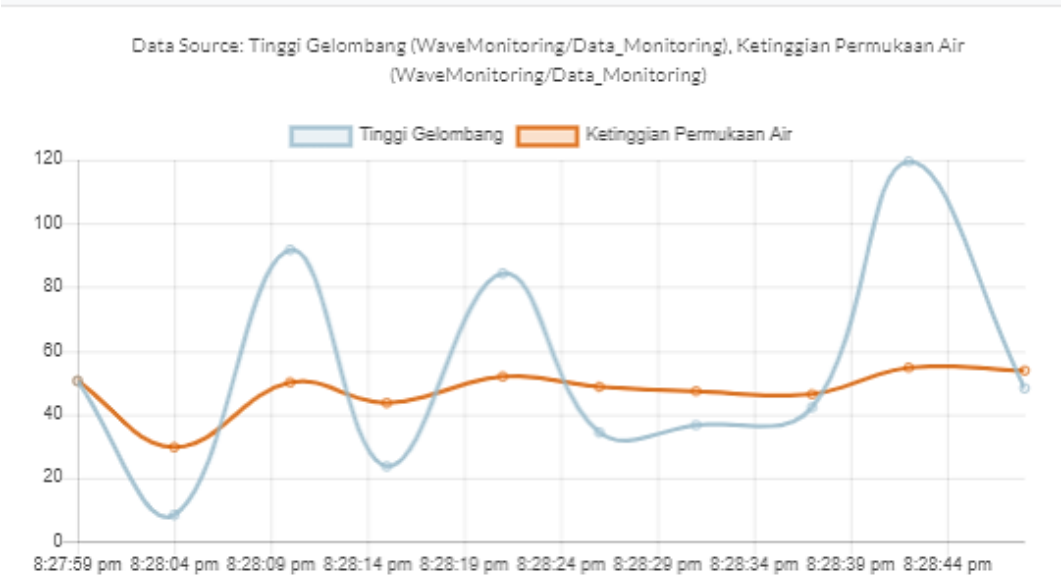
Berdasarkan data pengujian posisi sumbu X, Y, dan Z pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan serta Tabel 4.3, diperoleh nilai persentase eror rata-rata pada sumbu X sebesar 4,04%, pada sumbu Y sebesar 5,63%, dan sumbu Z sebesar 8,09%. Nilai eror yang terus bertambah dipengaruhi oleh adanya eror kumulatif pada sensor, temperatur sensor yang terlalu panas, serta perbedaan sensitivitas pada sensor.

4.2 Pengujian Ketinggian Gelombang

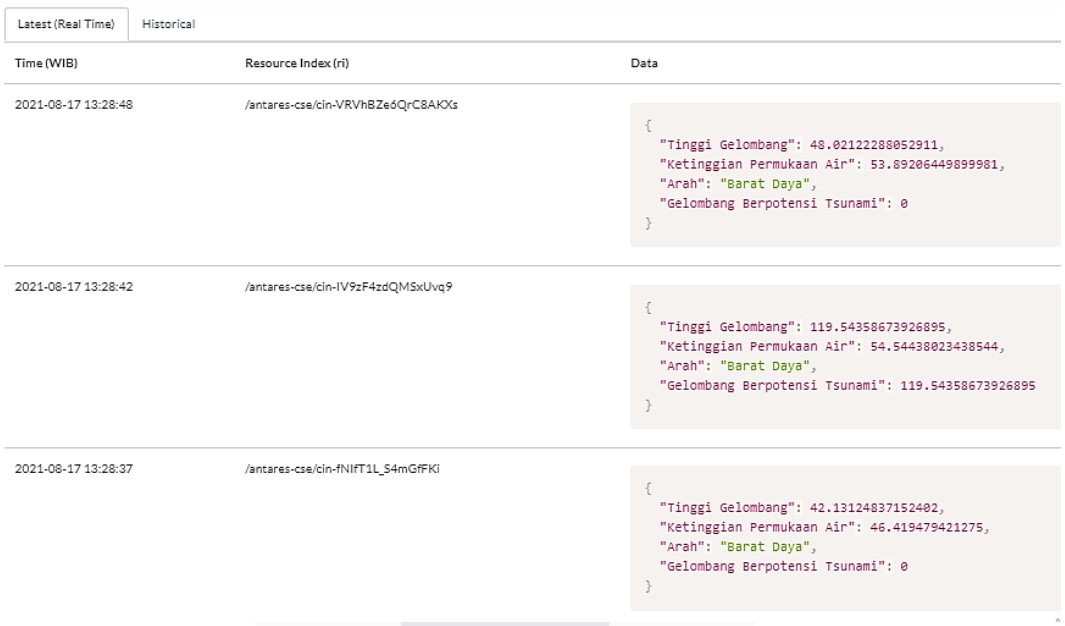
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi sistem dalam mengolah data mentah menjadi data ketinggian permukaan air dan tinggi gelombang serta menganalisis pergerakan naik turun yang menyerupai konsep gelombang laut. Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan sensor pada bidang datar, lalu digerakkan sesuai dengan jarak yang telah ditentukan dan membentuk kurva sinusoidal. Sensor digerakkan dengan urutan dari *set point* pada bagian tengah, lalu ke posisi tertinggi, kembali ke tengah, ke posisi terendah, lalu kembali lagi ke tengah. Data posisi akan diambil setiap 0,5 sekon. Satu periode gelombang diatur sebesar 2,5 sekon sehingga pada satu periode terdapat lima nilai posisi. Nilai posisi yang diambil adalah nilai maksimum dan nilai minimum lalu dikurangkan sehingga menghasilkan nilai ketinggian gelombang. Untuk potensi tsunami, diasumsikan berdasarkan ketinggian gelombang di atas 100 cm. Percobaan dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap titik yang telah ditentukan.

Tabel 4.4 Pengujian Ketinggian Gelombang

No	Tinggi Sebenarnya (cm)	Rata-rata Ketinggian (cm)	Persentase Eror (%)
1	20	18,79	6,04
2	40	41,19	2,98
3	60	61,86	3,10
4	80	80,37	0,46
5	100	100,89	0,89
Rata-rata Eror			**2,69**



Gambar 4.1 Tampilan Grafik Ketinggian Gelombang dan Permukaan Air



Latest (Real Time) | Historical

Time (WIB)	Resource Index (ri)	Data
2021-08-17 13:28:48	/antares-cse/cin-VRVhBZe6QrC8AKXs	{ "Tinggi Gelombang": 48.02122288052911, "Ketinggian Permukaan Air": 53.89206449899981, "Arah": "Barat Daya", "Gelombang Berpotensi Tsunami": 0 }
2021-08-17 13:28:42	/antares-cse/cin-IV9zF4zdQMSxUvq9	{ "Tinggi Gelombang": 119.54358673926895, "Ketinggian Permukaan Air": 54.54438023438544, "Arah": "Barat Daya", "Gelombang Berpotensi Tsunami": 119.54358673926895 }
2021-08-17 13:28:37	/antares-cse/cin-fNIfT1L_S4mGffFKi	{ "Tinggi Gelombang": 42.13124837152402, "Ketinggian Permukaan Air": 46.419479421275, "Arah": "Barat Daya", "Gelombang Berpotensi Tsunami": 0 }

Gambar 4.2 Tampilan Data pada Antares

Berdasarkan pengujian ketinggian gelombang pada Tabel 4.4, diperoleh nilai eror maksimum pada sistem sebesar 6,04% dengan rata-rata eror 2,69%. Gambar 4.1 menunjukkan grafik ketinggian permukaan air dan tinggi gelombang terhadap waktu. Semakin besar nilai ketinggian gelombang, maka ketinggian permukaan air juga akan meningkat. Data ketinggian gelombang dan ketinggian permukaan air dapat dipantau melalui Antares seperti pada Gambar 4.2. Jika terdapat gelombang yang melebihi 100 cm, maka akan dikategorikan sebagai gelombang yang berpotensi tsunami sehingga Antares akan menampilkan nilai ketinggian gelombang pada bagian "Gelombang Berpotensi Tsunami".

Untuk saat ini, alat yang dibuat hanya dapat dioperasikan pada perairan dengan gelombang yang tidak terlalu tinggi, seperti pada perairan di Pantai Marina Ancol dengan ketinggian 116,47 – 166,11 cm [12]. Hal ini disebabkan karena alat belum diuji coba hingga ketinggian lebih dari 2 m. Selain itu, masih terdapat eror kumulatif yang akan mempengaruhi hasil pengukuran ketinggian gelombang. Untuk dapat diimplementasikan pada perairan dengan tinggi gelombang >3 m seperti di Tanah Lot, Bali [13], maka perlu dilakukan banyak penyesuaian baik dari segi desain perangkat keras, efisiensi penggunaan daya, serta program dan algoritma yang digunakan pada alat.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Telah dirancang sistem monitoring ketinggian permukaan air laut dan tinggi gelombang menggunakan sensor BNO055 yang dapat mendeteksi pergerakan gelombang, mengambil data dengan akurasi sebesar 94,96% untuk pengukuran posisi pada sumbu X, 94,37% pada sumbu Y, 91,91% pada sumbu Z, serta 97,31% untuk pengukuran ketinggian gelombang.
2. Sistem dapat mengirimkan data ketinggian permukaan air dan tinggi gelombang untuk dipantau, serta memberitahukan apabila terdapat gelombang yang berpotensi tsunami dengan asumsi potensi tsunami berupa gelombang dengan tinggi di atas 100 cm.

5.2 Saran

Berdasarkan pada perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis dari sistem *monitoring* ketinggian permukaan air laut, terdapat beberapa saran dari penulis untuk penelitian lebih lanjut terkait sistem pada penelitian ini, di antaranya sebagai berikut:

1. Melakukan pemrograman ulang dengan program dan algoritma yang spesifik agar alat dapat bekerja secara detail;
2. Melakukan uji coba langsung di laut agar mendapatkan data ketinggian permukaan air laut secara real;
3. Menambahkan panel surya sebagai sumber alternatif untuk menyalakan sistem agar lebih hemat energi;
4. Membangun sistem monitoring yang dilengkapi dengan peringatan dini dengan cakupan area yang luas agar dapat dilakukan evakuasi sebelum bencana terjadi.

REFERENSI

[1] BMKG, *Katalog Tsunami Indonesia Tahun 416-2018*. 2018.

[2] S. G. Zain and W. Rahmawati, “Wireless Monitoring Ketinggian Gelombang Laut Berbasis Sensor Inersial Measurement Unit,” vol. 01, no. May, pp. 34–41, 2020.

[3] A. C. Wakkary, M. I. Jasin, and A. K. T. Dundu, “Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa Utara,” *Sipil Statik*, vol. 5, no. 3, pp. 167–174, 2017.

[4] “Pusat Meteorologi Maritim | BMKG.” https://maritim.bmkg.go.id/ (accessed Aug. 25, 2021).

[5] L. H. Holthuijsen, “Waves in Oceanic and Coastal Waters.”

[6] D. E. Mahardian and K. Khomsin, “Analisa Perbandingan Tinggi Permukaan Laut Dari Data Sgdr Retracking Dan Gdr Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2011 (Studi Kasus : Pesisir Pantai Selatan Jawa),” *Geoid*, vol. 8, no. 2, p. 178, 2013, doi: 10.12962/j24423998.v8i2.728.

[7] N. T. Karim and H. Muhammad, “STUDI PREDIKSI PASANG SURUT DAN GELOMBANG UNTUK PANTAI PASIR PUTIH PITULUA KOLAKA UTARA,” *J. Tek. Hidro*, vol. 11, pp. 1–13, 2018.

[8] P. Artawan and I. K. Purnamawan, “Rancangan Detektor Gempa Berpotensi Tsunami Berbasis Wireless Sensor Network Dengan Sistem Magnetic Altitude,” *Pros. Semin. Nas. MIPA*, p. 64, 2015.

[9] H. Hermawansa and T. U. Kalsum, “Analisis Kinerja Sensor Pada Robot Pendeteksi Kotoran Debu Dan Air,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 11, no. 1, pp. 53–58, 2019, doi: 10.33096/ilkom.v11i1.405.53-58.

[10] A. H. Kurniawan and M. Rivai, “Sistem Stabilisasi Nampan Menggunakan IMU Sensor Dan Arduino Nano,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.31043.

[11] M. R. Andreas, R. E. Saputra, C. Setianingsih, F. T. Elektro, U. Telkom, and G. A. Laut, “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.

[12] I. B. P. Muhammad Reiner, Agus Anugroho Dwi S, “KARAKTERISTIK POLA ARUS DAN KONDISI KUALITAS PERAIRAN DI PANTAI MARINA ANCOL , JAKARTA,” *J. Oseanografi*, vol. 6, pp. 349–358, 2017.

[13] Bambang Surendro, “PERLINDUNGAN ABRASI PANTAI AKIBAT GELOMBANG DI TANAH LOT BALI,” *Fak. Tek. Univ. Tidar, Magelang*, vol. 37, pp. 1–21, 2012.