

Sistem Pemantauan Ketinggian Gelombang Dan Ketinggian Permukaan Air Laut Berbasis *Internet of Things (IoT)* Menggunakan LPWAN LoRa

Refnaldy Hartono*, Muhammad Ary Murti, Ibnu Alinursafa

Universitas Telkom, Bandung
Universitas Telkom, Bandung
PT.Telkom Indonesia, Bandung

*refnaldyhartono7x7@gmail.com

Abstract

Information on wave height and sea level is the information needed in the field of hydrography, especially in determining the Mean Sea Level. In addition, it is useful for predicting the tides of sea water, and also supports an early warning system for tsunamis. Therefore, a monitoring system will be created that can provide this information, which will then analyze the data from the observations that have been obtained at the Cikidang Pangandaran Fishing Port for 4.5 hours in real-time (1 minute). This monitoring system is located at the Port of Pangandaran with electric power obtained from PLN. Batteries are added in the system to anticipate when PLN power blackout. By using the ultrasonic sensor MB-7383, information of wave height and sea level is obtained with the properties of ultrasonic waves. The raw data obtained from the sensors is processed and transmitted using the LoRa network provided by Antares. Observation data sent via the LoRa network will be stored and can be observed on the official Antares website. The performance of the MB-7383 Ultrasonic sensor is very good against the water surface which can be seen from the accuracy and precision of the sensor, which are 98.60% and 99.72%, respectively. Observations were made in real-time for 4.5 hours at the Cikidang Fishing Port, Pangandaran. Based on observations, there was a high tide from 9.00 to 13.30 and was accompanied by an increase in the height of the sea waves. With this monitoring system, it is hoped that it will support the tsunami or earthquake early warning system in Indonesia.

Keywords: *Wave Height; Sea Level; Mean Sea Level; LoRa; Ultrasonic Sensor.*

Abstrak

Informasi ketinggian gelombang dan permukaan air laut merupakan informasi yang dibutuhkan dalam bidang hidrografi terutama dalam menentukan Mean Sea Level. Selain itu, berguna untuk meramalkan pasang surut air laut, dan juga mendukung sistem peringatan dini bencana alam tsunami. Maka dari itu akan dibuat sistem pemantauan yang dapat menyediakan informasi tersebut, yang kemudian akan dilakukan analisis terhadap data hasil pengamatan yang telah didapatkan di Pelabuhan Nelayan Cikidang Pangandaran selama 4,5 jam secara real-time (1 menit). Sistem pemantauan ini diletakkan di Pelabuhan Pangandaran dengan daya listrik yang diperoleh dari PLN. Baterai ditambahkan dalam sistem untuk mengantisipasi ketika PLN mati. Dengan menggunakan sensor ultrasonik MB-7383, informasi ketinggian gelombang dan permukaan air laut didapatkan dengan sifat gelombang ultrasonik. Data mentah yang didapat dari sensor diolah dan dikirimkan menggunakan jaringan LoRa yang disediakan oleh Antares. Data pengamatan yang dikirim lewat jaringan LoRa akan tersimpan dan dapat diamati pada website resmi Antares. Performa sensor Ultrasonik MB-7383 sangat baik terhadap permukaan air yang dapat terlihat dari akurasi dan presisi sensor yaitu masing-masing sebesar 98,60% dan 99,72%. Pengamatan dilakukan secara real-time selama 4,5 jam di Pelabuhan Nelayan Cikidang Pangandaran. Berdasarkan pengamatan, terjadi pasang air laut dari pukul 9.00 sampai pukul 13.30 dan disertai dengan meningkatnya ketinggian gelombang air laut. Dengan adanya alat pemantauan ini diharapkan dapat menunjang sistem peringatan dini tsunami ataupun gempa di Indonesia.

Kata Kunci: Ketinggian Gelombang; Ketinggian Permukaan; *Mean Sea Level*; LoRa; Sensor Ultrasonik.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai sepanjang 95.181 km. Informasi ketinggian gelombang dan

permukaan air laut sangat berguna bagi masyarakat pesisir ataupun pihak yang membutuhkan informasi ini. Pada bidang hidrografi, informasi ini berguna dalam menentukan *Mean Sea Level* wilayah tertentu dan dalam pembuatan buku ramalan pasang surut. Selain itu, informasi tersebut sangat berguna juga dalam bidang perikanan dan bidang penanggulangan bencana gempa ataupun tsunami.

BMKG telah melakukan pemasangan stasiun pemantauan ketinggian air laut di Pulau Sebesi pada tahun 2019. Sampai saat ini BMKG memiliki 26 stasiun pemantauan ketinggian air laut yang tersebar di seluruh Indonesia. Jumlah ini masih terlalu sedikit jika dibandingkan dengan panjang garis pantai di Indonesia. Berdasarkan panjang garis pantai, Indonesia membutuhkan sekitar 800 stasiun pemantauan untuk dapat memberikan data informasi ketinggian permukaan air laut secara menyeluruh.

Dalam penelitian ini akan dibuat sistem pemantauan ketinggian gelombang air laut dan ketinggian permukaan air laut menggunakan MB-7383 MaxSonar sebagai sensor ultrasonik. Pembacaan sensor akan diolah menggunakan mikrokontroler TTGO LORA32 yang dapat sekaligus mengirimkan data ketinggian air laut lewat jaringan LoRa. Sistem pemantauan ini akan memanfaatkan jaringan LoRa yang telah disediakan oleh IoT Platform Antares sehingga setiap data yang dikirim akan disimpan dalam database Antares dan dapat diunduh melalui Web Antares. Peneliti berharap alat ini dapat membantu memantau keadaan laut di berbagai daerah dan data pengamatan dapat menunjang dalam penelitian-penelitian yang berkaitan dengan tinggi permukaan air laut. Terutama alat ini diharapkan dapat menunjang sistem peringatan dini bencana alam tsunami ataupun gempa.

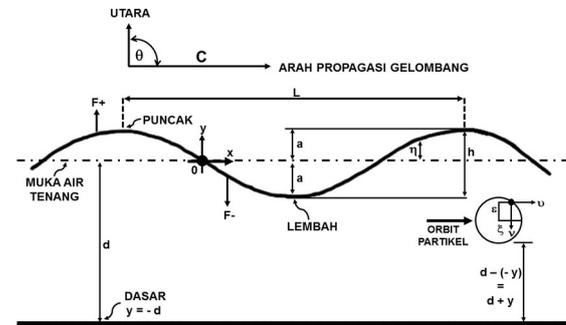
2. Kajian Literatur

2.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pengamatan ketinggian permukaan air laut. Pada penelitian sebelumnya pengamatan yang dilakukan di tepi pantai menggunakan sensor ultrasonik. Didapati penelitian-penelitian yang memakai sensor ultrasonik dengan jangkauan yang jauh maupun jangkauan yang dekat. Penelitian yang menggunakan sensor dengan jangkauan yang jauh cenderung memakai sistem telemetri dan panel surya untuk mendapatkan hasil terbaik dari pengamatan yang dilakukan.

2.2 Gelombang Air Laut

Gelombang air laut merupakan bentuk fisik permukaan air laut yang mengalami gerakan naik dan turun menyerupai gelombang sinusoidal. Gerakan naik dan turunnya muka air laut diakibatkan karena adanya gaya pembangkit ($F+$) dan gaya pengembali ($F-$) sehingga gelombang air laut memiliki tinggi (h)



dan panjang gelombang (L). Selain itu fluktuasi muka air dengan arah (θ) dan cepat rambat propagasi gelombang (C) mempengaruhi gerak partikel air sumbu horizontal (v) dan vertical (V), lihat Gambar 1.

Gambar 1. Gelombang Air Laut

Terdapat beberapa macam gelombang yang dibedakan oleh faktor pembangkitnya seperti angin (gelombang angin), gempa (tsunami), dan gaya tarik menarik antara bumi, bulan, dan matahari (gelombang pasang surut). Berdasarkan ukuran dan penyebabnya, gelombang air laut dapat diklasifikasikan sebagai berikut: (1) Riak/gelombang kapiler. Memiliki panjang gelombang 1,7 meter dan periode gelombang tidak lebih dari 0,2 detik. Gelombang ini disebabkan oleh karena tegangan permukaan dan tiupan angin yang tidak terlalu kencang; (2) Gelombang Angin. Memiliki panjang gelombang kurang lebih 130 meter dan periode 0,2 – 0,9 detik yang disebabkan oleh angin; (3) Alun. Memiliki panjang gelombang sampai dengan ratusan meter dan periode gelombang sekitar 0,9 – 15 detik yang ditimbulkan oleh tiupan angin yang lama; (4) Gelombang Pasang Surut. Memiliki panjang gelombang beberapa kilometer dengan periode sekitar 5 jam, 12 jam, dan 25 janyang disebabkan oleh gaya tarik menarik bumi, bulan dan matahari.

2.3 Muka Air Laut

Elevasi muka air laut selalu berubah sepanjang waktu, sehingga dibutuhkan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data lampau pasang surut. Penetapan elevasi ini dapat membantu didalam perencanaan pembangunan pelabuhan maupun pemekaran suatu wilayah. Berikut penjelasan dari beberapa elevasi yang ada: (1) *High Water Level* (HWL). Muka air tertinggi saat pasang

yang dicapai pada satu siklus pasang surut; (2) *Lower Water Level* (LWL). Muka air terendah saat pasang yang dicapai pada satu siklus pasang surut; (3) *Mean High Water Level* (MHWL). Merupakan rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun; (4) *Mean Low Water Level* (MLWL). Merupakan rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun; (5) *Mean Sea Level* (MSL). Merupakan muka air rerata antara dari muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. MSL sering digunakan untuk referensi elevasi di darat.

2.4 Gelombang Ultrasonik

Gelombang bunyi atau juga disebut gelombang akustik merupakan gelombang mekanik yang dapat merambat dalam medium padat, cair, dan gas. Gelombang bunyi dapat dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan besar frekuensinya. Infasonik untuk gelombang yang memiliki frekuensi di bawah 20 Hz. Audiosonik untuk gelombang yang memiliki frekuensi antara 20 Hz hingga 20 kHz. Sedangkan, ultrasonik merupakan gelombang bunyi yang memiliki frekuensi di atas 20 kHz. Manusia tidak dapat mendengar gelombang ultrasonik, hanya beberapa hewan seperti lumba-lumba untuk berkomunikasi dan juga kelelawar untuk navigasi. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik pada permukaan cairan dan pada permukaan padat hampir sama tetapi pada tekstil dan busa, gelombang ini akan diserap.

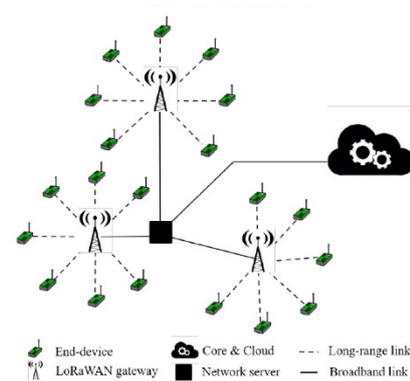
2.5 Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik adalah jenis sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis yaitu bunyi menjadi besaran listrik dan juga sebaliknya. Sensor ini dimanfaatkan untuk mendapatkan jarak suatu benda. Jarak suatu benda dapat ditentukan dengan adanya pantulan gelombang yang mengenai benda yang kemudian diterima oleh sensor. Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik pada umumnya dapat menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz ketika osilator diterapkan.

2.6 LoRa

LoRa merupakan sistem komunikasi nirkabel yang memiliki konsumsi daya yang rendah. Oleh karena konsumsi daya yang rendah ini, LoRa seringkali menjadi jawaban untuk sistem IoT yang hemat daya.

Pada Gambar 2 dapat dilihat arsitektur jaringan LoRaWAN yang mencakup LoRaWAN Node, LoRaWAN Gateway, Network Server dan Application Server. Data



yang dikirim lewat sensor pada LoRaWAN Node akan diterima oleh LoRaWAN Gateway. Dari LoRaWAN Gateway kemudian akan diteruskan ke Network Server. LoRaWAN Gateway merupakan penghubung antara perangkat dan Network Server.

Gambar 2. LoRaWAN Sensor Network

LoRa merupakan salah satu protokol *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) sehingga penggunaan LoRa hanya mengkonsumsi sedikit daya saja. Modulasi pada LoRa menggunakan Metode *Chirp Spread Spectrum*, yaitu spektrum radio dengan rentan frekuensi yang diatur berbeda-beda setiap negara.

Negara Indonesia mengatur penggunaan rentan frekuensi radio dalam Peraturan Direktur Jendral Perangkat Pos dan Informatika (PERDIRJEN SDPPI) Nomor 3 Tahun 2019 tentang Low Power Wide Area (LPWA). Terdapat poin utama dalam peraturan tersebut yaitu pita frekuensi radio yang dapat digunakan adalah 920-923 MHz.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahap yang dilakukan yaitu seperti pada Gambar 3 di bawah ini:

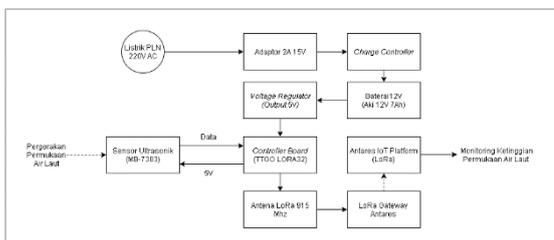


Gambar 3. Tahapan-tahapan Penelitian

(1) Tahap studi literatur. Melakukan studi terkait topik penelitian dengan memanfaatkan sumber bacaan berupa jurnal, buku, berita, serta tesis terkait; (2) Tahap perancangan perangkat keras. Melakukan perancangan perangkat keras yang dibutuhkan dalam pemilihan komponen sesuai dengan konsep solusi penelitian berdasarkan studi literatur; (3) Tahap perancangan perangkat lunak. Melakukan perancangan perangkat lunak yang dibutuhkan dalam menunjang fungsi sistem pada penelitian ini; (4) Tahap implementasi dan pengujian. Melakukan implementasi dan pengujian sistem yang telah dirancang. Terdapat dua pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian sensor dan juga pengujian sistem keseluruhan.

3.1 Desain Sistem

Sistem yang akan dibuat memiliki fungsi untuk memonitoring secara real-time (1 menit) ketinggian permukaan dan ketinggian gelombang air laut di suatu wilayah perairan tertentu. Periode data monitoring sebesar 1 menit dipilih karena untuk dapat menghemat konsumsi daya. Desain pada sistem ini mencakup komponen kontrol sistem, keperluan daya dan telemetri. Diagram blok sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada



Gambar 4. Gambar 4. Blok Diagram Sistem

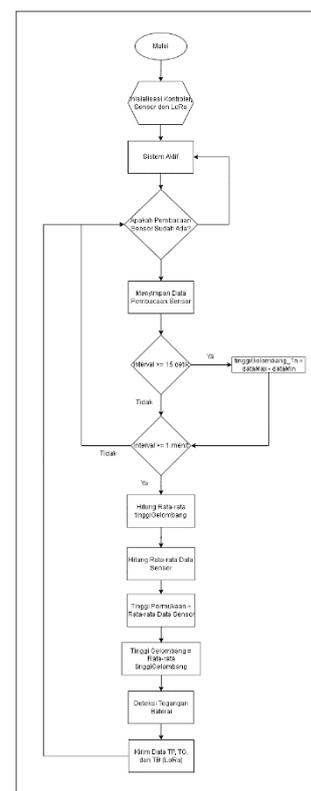
Alur proses yang terjadi dalam blok diagram sistem pada Gambar 4 dapat dijabarkan dengan beberapa poin sebagai berikut:

- (1) Baterai dengan kapasitas 7Ah memberikan daya pada sistem. Ketika tegangan baterai rendah dilakukan proses pengisian baterai dengan sumber daya berupa listrik PLN;
- (2) Pada tahap pengisian baterai terdapat komponen penting yaitu adaptor dan charge controller. Adaptor berfungsi untuk mengubah listrik 220V AC menjadi tegangan 15 V DC dengan arus 2A;
- (3) Voltage regulator memastikan tegangan input pada controller board sebesar 5V;
- (4) Sistem aktif saat controller board menerima daya dari baterai;
- (5) Sensor ultrasonik mengambil daya dengan tegangan 5V dari Controller Board lalu mendeteksi pergerakan permukaan air laut;

Controller Board mengolah data masukan menjadi data siap kirim; (7) Data siap kirim selanjutnya dikirim melalui jaringan LoRa; (8) Data yang dikirim tersebut akan diterima oleh salah satu LoRa Gateway Antares yang kemudian data tersebut disimpan pada server Antares. Data pengamatan yang telah tersimpan pada server Antares dapat dilihat dan didownload pada website resmi Antares.

3.2 Desain Perangkat Lunak

Diagram alir perangkat lunak pada sistem dapat dilihat pada Gambar 5. Sebelum sistem aktif, terdapat tahap inialisasi kontroler, sensor dan LoRa Antares agar dapat terintegrasi dalam sistem. Saat sensor ultrasonik mengirimkan data, data tersebut akan dibaca dan disimpan pada kontroler. Diambil tinggi gelombang air laut setiap 15 detik sesuai dengan periode gelombang alun. Gelombang alun ini merupakan gelombang yang disebabkan oleh tiupan angin. Kemudian dalam periode 1 menit, akan dihitung rata-rata tinggi gelombang dari periode 15 detik. Rata-rata tinggi gelombang inilah yang dianggap menjadi salah satu data kirim yaitu data tinggi gelombang. Selain itu, setiap 1 menit akan dihitung juga rata-rata data sensor yang menjadi salah satu data kirim yaitu data tinggi permukaan. Terdapat satu data kirim lagi yaitu data tegangan baterai yang diambil dari sensor tegangan. Ketiga data kirim yaitu tinggi permukaan (TP), tinggi gelombang (TG) dan tegangan baterai (TB) kemudian akan dikirim dalam jaringan LoRa Antares. Proses akan terus berulang sehingga sistem dapat



mengirimkan data pengamatan secara real-time 1 menit.

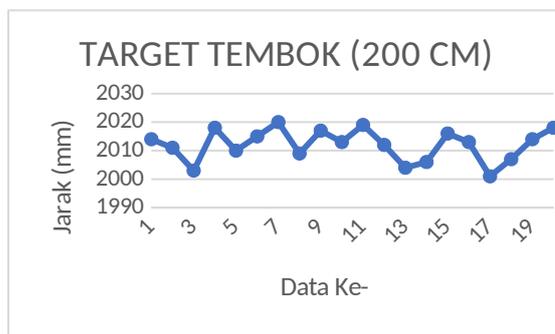
Gambar 5. Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Sensor

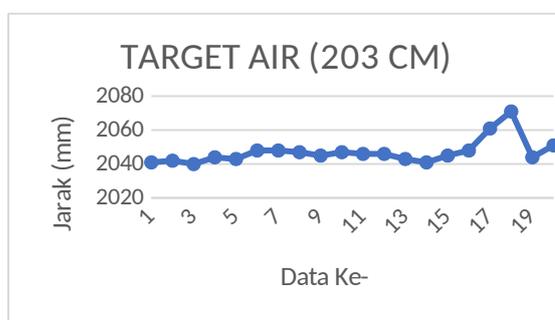
Dilakukan pengujian terhadap akurasi dan presisi sensor MB-7383. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performa sensor MB-7383 terhadap target objek air sebelum melakukan pengujian sistem di perairan laut. Terdapat dua macam pengujian berdasarkan target objek yang diukur yaitu pengujian pada tembok dan pengujian pada objek air:

(1) Pengujian Pada Objek Tembok. Pada pengujian ini, sensor MB-7383 diletakkan 200 cm di depan tembok. Lewat pengujian ini didapatkan 20 data pembacaan jarak oleh sensor. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan data pengujian menunjukkan bahwa rata-rata dari 20 data percobaan adalah 2012 mm. Sedangkan data pembacaan tertinggi yaitu 2020 mm dan data pembacaan terendah yaitu 2001 mm. Dari data hasil pengujian yang diolah dapat disimpulkan bahwa sensor MB-7383 pada pengujian jarak 200 cm pada objek tembok memiliki akurasi sebesar 98,8% dengan presisi sebesar 99,7%;



Gambar 6. Grafik Pengujian Pada Objek Tembok

(2) Pengujian Pada Objek Air. Pada pengujian ini, sensor MB-7383 diletakkan pada penyanggah yang berada 203 cm di atas permukaan air danau Telkom University. Lewat pengujian ini didapatkan 20 data pembacaan jarak oleh sensor. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan data pengujian menunjukkan bahwa rata-rata dari 20 data percobaan adalah 2047,05 mm. Sedangkan data pembacaan tertinggi yaitu 2071 mm dan data pembacaan terendah yaitu 2040 mm. Dari data hasil pengujian yang diolah dapat



disimpulkan bahwa sensor MB-7383 pada pengujian jarak 200 cm pada objek air memiliki akurasi sebesar 99,16% dengan presisi sebesar 99,65%.

Gambar 7. Grafik Pengujian Pada Objek Air

4.2 Pengujian Sistem Pemantauan

Pengujian sistem pemantauan bertujuan untuk menguji sistem secara keseluruhan di daerah target pengujian untuk menilai kehandalan sistem dan menemukan kelemahan pada sistem, sehingga dapat dikembangkan dikemudian hari. Pengujian sistem dilakukan di Pelabuhan Nelayan Cikidang yang berada di Pangandaran pada tanggal 29 November 2021. Peneliti memanfaatkan Tower yang berada pada ujung pelabuhan sebagai titik penempatan sistem pemantauan. Penempatan alat/sistem dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian Sistem Pemantauan

Pengujian dilakukan selama 4,5 jam dengan sistem aktif secara terus menerus dari pukul 9:00 pagi sampai pukul 13:30 siang. Data pemantauan akan dikirimkan secara real-time 1 menit lewat jaringan LoRa milik Antares. Dalam satu kali pengiriman terdapat 3 parameter yang di pantau yaitu tinggian permukaan, tinggi gelombang dan tegangan baterai. Hasil pemantauan dari ketiga parameter ini kemudian akan tersimpan di database Antares. Pada pengujian ini tidak akan membahas akurasi data sensor karena dalam pengujian sebelumnya telah didapatkan tingkat akurasi dan presisi yang sangat tinggi pada objek permukaan air.

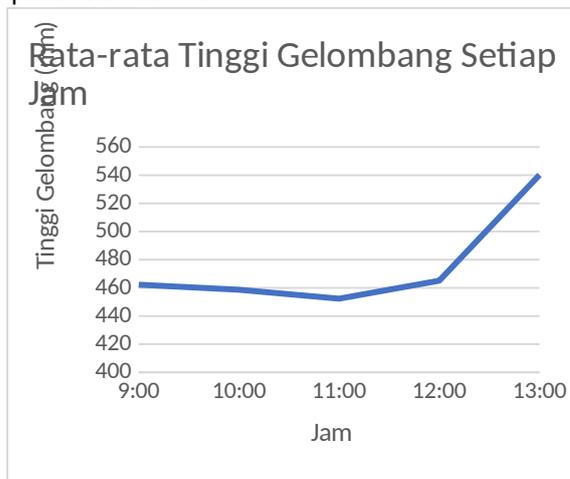
Dalam menentukan ketinggian permukaan air laut diperlukan acuan titik 0 yaitu Mean Sea Level. MSL dapat ditentukan dengan pengamatan lebih dari 15 tahun sehingga pada penelitian ini tinggi awal pengamatan permukaan air laut diambil sebagai acuan titik 0 untuk menentukan elevasi permukaan air laut. Grafik pemantauan ketinggian permukaan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Ketinggian Permukaan
Terlihat pada Gambar 9 terdapat tren naik pada ketinggian permukaan air laut dari pukul 9.00 sampai 13.30. Kenaikan ketinggian permukaan air laut ini merupakan peristiwa pasang air laut yang terjadi di pantai Pangandaran. Terdapat pencilan pada data hasil pengujian yang terlihat jelas pada grafik yang disajikan. Pencilan ini timbul bukan karena ketinggian permukaan air laut yang tiba-tiba meninggi secara ekstrim namun karena adanya tiupan angin yang cukup kencang sehingga menyebabkan alat/sistem menjadi goyang dan tidak stabil. Pencilan sudah tidak terlihat lagi pada pukul 12.12 karena peneliti sudah menyadari adanya tiupan angin yang kencang sehingga peneliti langsung menstabilkan alat pemantauan sampai waktu pengujian selesai.

Jika pencilan yang terjadi tidak dihiraukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada pukul 9.00 sampai pukul 13.30 terjadi pasang air laut yang menyebabkan adanya perubahan ketinggian permukaan air laut setinggi 0,505 meter di Pelabuhan Nelayan Cikidang Pangandaran.

Sedangkan Grafik pemantauan rata-rata ketinggian gelombang air laut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Ketinggian Gelombang

Dari Gambar 10 dapat terlihat pada pukul 9.00 sampai pukul 11.00 tinggi gelombang mengalami tren menurun sedangkan dari pukul 11.00 sampai pukul 13.00 gelombang mengalami tren menaik. Informasi ketinggian gelombang dan tren kenaikan maupun penurunan ini dapat bermanfaat untuk nelayan dapat mengetahui kondisi di perairan nelayan tersebut.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian sensor, didapati bahwa sensor ultrasonik MB-7383 memiliki performa yang sangat baik dengan

akurasi dan presisi masing-masing sebesar 98,60% dan 99,72%. Sedangkan, pengamatan dilakukan secara real-time selama 4,5 jam di Pelabuhan Nelayan Cikidang Pangandaran. Berdasarkan pengamatan, terjadi pasang air laut dari pukul 9.00 sampai pukul 13.30 dan disertai dengan meningkatnya ketinggian gelombang air laut. Dengan adanya alat pemantauan ini diharapkan dapat menunjang sistem peringatan dini tsunami ataupun gempa di Indonesia.

Berikut saran yang dapat peneliti sampaikan: (1) Menggunakan panel surya supaya tidak bergantung dengan listrik PLN; (2) Melakukan pengujian sistem pemantauan dengan durasi waktu minimal 15 hari untuk meramalkan pasang surut.

Ucapan Terima Kasih

Bersyukur atas penyertaan Tuhan Yesus sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dengan lancar. Terimakasih kepada kedua pembimbing penelitian saya yaitu Pak Ary Murti dan Pak Ibnu Alinursafa

Daftar Pustaka

- Anggara, P. D., Adrianto, D., Pranowo, W. S., & Alam, T. M. (2017). Analisis Karakteristik Gelombang Laut Guna Mendukung Data Informasi Operasi Keamanan Laut Di Wilayah Laut Natuna Dan Laut Natuna Utara. *Jurnal Chart Datum*, 3(2), 107–131.
- Annunziato, A. (2015). The Inexpensive Device For Sea Level Measurements. *Tsunami Society International*, 34(4), 199–211.
- Fadly, R., & Dewi, C. (2019). Pengembangan Sensor Ultrasonic Guna Pengukuran Pasang Surut Laut Secara Otomatis Dan Real Time. *Jurnal Rekayasa*, 23(1), 1–16.
- Fathur Rahman N, M., Salama, M., & Zahir, Z. (2017). Water Level Monitoring Using Ultrasonic-Pipe In Open Channel. *International Symposium On Electrical And Computer Engineering*, 262–266. Ieee.
- Hadi, N. P., Kusuma, A. N., & Setiyadi, J. (2016). Prototipe Alat Ukur Pasang Surut Menggunakan Microcontroller Arduino Dengan Sensor Ultra Sonic. *Jurnal Hidropilar*, 2(2), 89–97.
- José, S., Ramon, S.-I., Pablo, R.-R., Luis, B.-E., & Antonio, F. S. (2019). Lpwan-Based Vehicular Monitoring Platform With A Generic Ip Network Interface. *Sensors*, 19(2), 1–17.
- Naras, K., Nikom, O., Supawat, I., & Narit, K. (2017). The Wireless Sensor Network Monitoring Of Sea Level And Wind Speed. *9th International Conference On Information Technology And Electrical Engineering*. Phuket: Ieee.
- Prabowo, R. A. (2021). *Rancang Bangun Lorawan Gateway Untuk Komunikasi Perangkat Dalam Gedung Design And Build Lorawan Gateway For Device Communication In Building*.
- Ruchlihadiana Tisnasendjaja, A., Martoyo, E., & Wardana, M. (2017). Pemilihan Rentang Waktu

Yang Optimum Pengamatan Pasang Surut Sungai. *Geoplanart*, 1(1).

Wibowo, Y., Adrianto, D., Hadi, N. P., Pembimbing, D., Dari Pushidros Tni, P. Al, Denkomlaops, D., & Mabes Tni, S. (2017). Upgrade Prototype Alat Ukur Pasutsensor Ultrasonic Dengan Perangkat Telemetry Menggunakan Modem Gsm. *Jurnal Hidropilar*, 3(2), 69–75.

