

Penerapan Teknologi IoT dan Ragam Sensor Dalam Sistem Monitoring Gelombang Laut sebagai Peringatan Dini

Sitna Hajar Hadad*, Mudar Safi, Seh Turuy, Nurdin Rumaf, Risandi J Ismail

Teknik Komputer, Akademi Ilmu Komputer Ternate, Ternate, Indonesia

Email: ^{1,*}sitnahajar18@gmail.com, ²mudarsafi@gmail.com, ³seh.turuy26@gmail.com, ⁴nurdinrumafnurdin@gmail.com, ⁵risandijismail0@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: sitnahajar18@gmail.com

Submitted: 10/11/2024; Accepted: 24/12/2024; Published: 25/12/2024

Abstrak—Maluku Utara memiliki wilayah kepulauan sehingga aktivitas masyarakat sebagian besar berkaitan dengan laut, seperti nelayan dan masyarakat yang menggunakan jalur laut sebagai moda transportasi. Kondisi cuaca yang tidak menentu mengakibatkan curah hujan yang deras dan tingginya gelombang laut dapat mengancam keselamatan masyarakat terutama masyarakat nelayan dan masyarakat yang menggunakan moda transportasi laut. Seperti yang terjadi pada beberapa waktu yang lalu yaitu tenggelamnya KM Cahaya Arafa. KM Cahaya Arafa tenggelam karena dihantam tingginya gelombang laut sehingga mengalami kecelakaan yakni tenggelam di perairan Desa Tokaka Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara yang mengakibatkan puluhan orang meninggal dunia. Tujuan penelitian ini menerapkan teknologi IoT dan ragam sensor untuk merancang sistem monitoring gelombang laut sebagai peringatan dini pada moda transportasi Laut yang bila terjadi cuaca buruk dapat mengancam keselamatan bila beraktifitas di laut. Prototype sistem monitoring dikembangkan untuk memberikan informasi dini bahaya tinggi gelombang laut baik melalui suara, sirine, dan di akses secara luas menggunakan seluler dan internet. Hasil pengujian sistem notifikasi gelombang laut berbasis IoT menunjukkan bahwa teknologi ini efektif dalam mendeteksi ketinggian gelombang tertentu, mulai dari setengah meter hingga dua meter, dan memberikan peringatan dini secara cepat dan akurat. Sensor yang terintegrasi dalam sistem ini mampu mengukur perubahan ketinggian gelombang dengan presisi tinggi, dan teknologi IoT memungkinkan transmisi data yang stabil ke berbagai platform komunikasi, termasuk aplikasi seluler dan sistem pesan instan. Dengan kemampuan mendeteksi berbagai ketinggian gelombang, sistem ini dapat menjadi alat mitigasi bencana yang andal dan efisien, serta dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung kesiapsiagaan yang lebih baik bagi masyarakat pesisir terhadap potensi ancaman gelombang tinggi dan tsunami. Hasil pengujian dari penerapan teknologi IoT dan berbagai jenis sensor menunjukkan bahwa sistem monitoring ini mampu mendeteksi perubahan karakteristik gelombang laut secara signifikan, melalui uji coba di beberapa lokasi, sistem ini menunjukkan kehandalan dalam mengirimkan data secara real-time tanpa adanya jeda waktu yang berarti, yang sangat penting untuk mitigasi risiko.

Kata Kunci: Gelombang Laut; IoT; Monitoring; Prototype; Teknologi;

Abstract— North Maluku has an archipelago so that community activities are mostly related to the sea, such as fishermen and people who use sea routes as a mode of transportation. Uncertain weather conditions resulting in heavy rainfall and high sea waves can threaten the safety of the community, especially the fishing community and people who use sea transportation modes. As happened some time ago, namely the sinking of KM Cahaya Arafa. KM Cahaya Arafa sank because it was hit by high sea waves so that it had an accident, namely drowning in the waters of Tokaka Village, South Halmahera Regency, North Maluku Province which resulted in the death of dozens of people. The purpose of this research is to apply IoT Technology and Various Sensors to design a Sea Wave Monitoring System as an Early Warning on Marine Transportation Modes which if bad weather occurs can threaten safety when doing activities at sea. The monitoring system prototype was developed to provide early information on the high danger of sea waves both through sound, sirens, and widely accessed using mobile phones and the internet. The test results of the IoT-based sea wave notification system show that this technology is effective in detecting certain wave heights, ranging from half a meter to two meters, and providing early warning quickly and accurately. The sensors integrated in the system are capable of measuring changes in wave height with high precision, and IoT technology enables stable data transmission to various communication platforms, including mobile apps and instant messaging systems. With the ability to detect various wave heights, this system can be a reliable and efficient disaster mitigation tool, and can be further developed to support better preparedness for coastal communities against the potential threat of high waves and tsunamis. The test results of the application of IoT technology and various types of sensors show that this monitoring system is able to detect significant changes in the characteristics of sea waves, through trials in several locations, this system shows the reliability of transmitting data in real-time without any significant time lag, which is very important for risk mitigation.

Keywords: Sea Waves; IoT; Monitoring; Prototype; Technology;

1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai kondisi geografis dengan wilayah kepulauan. Salah satu provinsi di Indonesia dengan wilayah kepulauan yaitu Maluku Utara. Maluku Utara salah satu provinsi di Indonesia dengan kondisi geografisnya merupakan wilayah kepulauan. Maluku Utara dengan wilayah kepulauan, untuk menghubungkan antar-daerah dapat menggunakan jalur laut, udara, dan darat. Namun, sebagian besar masyarakat menggunakan moda transportasi laut untuk melakukan aktifitas sehari-hari, baik itu aktifitas nelayan, aktifitas perkantoran, aktifitas bisnis, dan lain sebagainya. Namun wilayah Indonesia sering terjadi kondisi cuaca yang tidak menentu disertai badai yang sering melanda di berbagai wilayah. Hal ini sangat berdampak pada aktifitas masyarakat khususnya yang berada pada daerah kepulauan seperti wilayah Maluku utara.

Aktifitas masyarakat daerah kepulauan Maluku Utara sangat dipengaruhi dengan kondisi cuaca. Kondisi cuaca yang tidak menentu mengakibatkan curah hujan yang deras dan tingginya gelombang laut dapat mengancam

keselamatan masyarakat yang beraktifitas di laut baik itu nelayan, maupun pengguna moda transportasi laut. Seperti yang terjadi pada beberapa waktu yang lalu yaitu tenggelamnya KM Cahaya Arafa. KM Cahaya Arafa tenggelam karena dihantam tingginya gelombang laut sehingga mengalami kecelakaan yakni tenggelam di perairan desa Tokaka Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara yang mengakibatkan puluhan orang meninggal dunia. Cuaca ekstrim seperti tingginya gelombang laut mesti di ketahui oleh masyarakat khususnya masyarakat yang bermukim di daerah pesisir dan kapal/motor yang berada di seputaran daerah tersebut sebagai peringatan dini. Namun, keterbatasan infrastruktur informasi yang ada terutama di daerah pesisir mengakibatkan minimnya informasi cuaca ekstrim. Dilain sisi kemajuan teknologi begitu maju. Bahkan sekarang dunia memasuki industri 4.0 tren teknologi dimana data dipertukarkan dan didistribusikan secara otomatis [1][2]. Kemajuan otomatisasi ini didorong dan dukungan oleh berbagai bidang teknologi informasi dan komunikasi seperti teknologi IoT [3][4], teknologi *embedded* sistem, teknologi sensor dan lain sebagainya. Dengan perkembangan dan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi yang ada, maka perlu dikembangkan sebuah sistem dengan menggunakan teknologi IoT untuk memonitoring ketinggian gelombang laut. Tingginya gelombang laut dapat mengancam keselamatan masyarakat yang melakukan aktifitas di laut menjadi perhatian berbagai peneliti.

Perubahan iklim dan aktivitas tektonik yang meningkat telah membuat peringatan dini terhadap gelombang laut, khususnya tsunami, menjadi kebutuhan yang mendesak di banyak wilayah pesisir [5][6]. Salah satu cara untuk meningkatkan efektivitas peringatan dini ini adalah dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan berbagai jenis sensor dalam sistem pemantauan gelombang laut. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan mengirimkan data secara *real-time* [7][9], yang sangat penting untuk pemantauan lingkungan laut. Dalam sistem ini, berbagai jenis sensor—seperti sensor tekanan, akselerometer, dan gelombang ultrasonik—digunakan untuk mendeteksi perubahan dalam ketinggian, tekanan, dan pergerakan air laut. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor tersebut kemudian dikirim ke pusat pemrosesan data melalui jaringan IoT, di mana algoritma pemodelan digunakan untuk menganalisis pola dan memprediksi potensi gelombang tinggi atau tsunami. Penerapan teknologi ini tidak hanya mempercepat respons [10][12], tetapi juga meningkatkan akurasi prediksi, sehingga masyarakat dan pihak berwenang memiliki waktu lebih untuk mengantisipasi dan melakukan evakuasi jika diperlukan [13][15]. Dengan demikian, pemanfaatan IoT dan ragam sensor dalam sistem monitoring gelombang laut menjadi langkah signifikan dalam memperkuat sistem peringatan dini yang adaptif dan responsif terhadap ancaman dari laut.

Berbagai penelitian yang dilakukan guna mengetahui level tinggi gelombang laut sebagai ancaman bagi masyarakat yang melakukan aktivitas di laut dilakukan Arta Mariana Sihite dkk [6] merancang perangkat sistem monitoring ketinggian gelombang air laut yang dapat membantu pemantauan tinggi gelombang pada pelabuhan secara *real time*. Dengan menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler sebagai alat yang mengolah dan membaca data, serta modul wifi (ESP 8266) mengirim data ke *database* sehingga bisa diakses lewat WEB. Tinggi gelombang laut juga diteliti Satria Gunawan Zain dan Wanda Rahmawati [5], mengembangkan perangkat pengukur ketinggian gelombang laut secara *wireless*. Perangkat yang digunakan yaitu sensor *accelerometer* dan *gyroroscope*, mikrokontroler, dan telemetri lora. Pada penelitian ini dibatasi pada efektivitas pembacaan dan pengiriman secara *wireless* data sensor percepatan dan perubahan sudut dari pergerakan gelombang laut. Hasil pengujian menunjukkan perangkat pengukur ketinggian gelombang dari bentuk data mentah berupa *accelerometer* dan *gyroscope* dapat efektif dikirimkan sampai dengan jangkauan 3.8 km.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan maka pada penelitian ini peneliti mengusulkan sebuah *prototype* sistem monitoring ketinggian gelombang laut menggunakan ragam sensor berbasis IoT. Perangkat yang digunakan yaitu ragam sensor (sensor ultrasonik, dan sensor switch air), sistem *embedded* (pusat pengolahan data), modul suara, modul sirine, dan modul IoT (GSM, Wifi). Kebaruan penelitian yang peneliti usulkan dalam penelitian ini dibandingkan dengan peneliti-peneliti sebelumnya seperti dikemukakan diatas yaitu untuk merancang sistem monitoring dengan memperoleh akurasi pembacaan level tinggi gelombang air laut, sensor yang digunakan selain ultrasonik, juga menambahkan sensor switch air. Pusat pengolahan data sistem monitoring dilengkapi dengan sistem suara dan sirine sehingga dapat memberikan informasi berupa suara dan bunyi sirine bila tinggi gelombang laut berada pada level bahaya. Sistem monitoring dilengkapi dengan teknologi IoT untuk diintegrasikan ke otoritas pelabuhan dan BASARNAS sehingga dapat melakukan tindakan antisipasi.

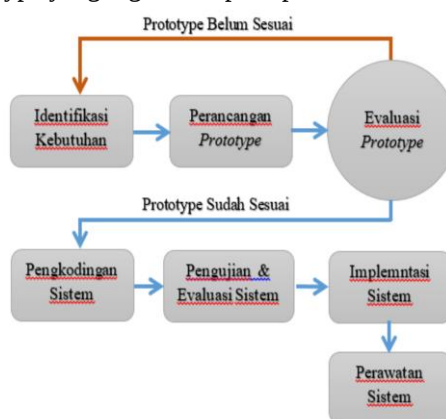
Penerapan teknologi IoT dalam sistem monitoring gelombang laut juga memberikan kemudahan dalam pemantauan yang bersifat kontinu dan dapat diakses secara remote. Hal ini memungkinkan pihak berwenang untuk memantau kondisi laut dari jarak jauh dan merespons lebih cepat saat terjadi anomali. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur otomatisasi, yang dapat memicu alarm atau peringatan langsung kepada masyarakat melalui berbagai saluran komunikasi, seperti aplikasi mobile, media sosial, dan sirine di wilayah pesisir. Teknologi ini menjadi sangat krusial, terutama bagi negara-negara kepulauan atau kawasan yang sering mengalami bencana alam, di mana deteksi dini dan evakuasi yang cepat sangat menentukan jumlah korban dan dampak bencana.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem pemantauan gelombang laut berbasis *Internet of Things* (IoT) dan berbagai jenis sensor yang mampu mendeteksi perubahan signifikan dalam pola gelombang laut secara *real-time* sebagai peringatan dini. Dengan mengukur tingkat akurasi dan keandalan sistem peringatan dini ini serta membandingkannya dengan sistem tradisional, penelitian ini diharapkan dapat memperkuat infrastruktur mitigasi risiko di wilayah pesisir dan memberikan kontribusi bagi kesiapsiagaan bencana yang lebih responsif berbasis data *real-time*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan serangkaian langkah sistematis yang harus diikuti oleh peneliti untuk menjawab pertanyaan atau mengatasi masalah penelitian secara ilmiah [16][18]. Tahapan ini mencakup berbagai kegiatan, mulai dari identifikasi masalah hingga publikasi hasil penelitian, yang bertujuan untuk memastikan penelitian dilakukan dengan terstruktur, akurat, dan dapat dipertanggungjawabkan [19][20]. Setiap tahap saling berhubungan dan penting untuk mencapai hasil yang valid, di mana tahap pertama biasanya dimulai dengan perumusan masalah penelitian, dilanjutkan dengan studi literatur, perancangan metode penelitian, pengumpulan data, analisis data, hingga hasil penelitian. Proses yang dirancang dalam penelitian ini melibatkan teknologi *Internet Of Things* (IoT) dan ragam sensor (sensor ultrasonik dan sensor switch air), sistem embedded (pusat pengolahan data), modul suara, modul sirine, dan modul IoT (GSM, WiFi). Metode pengembangan yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah model pengembangan prototipe. Prototipe merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak yang menggunakan pendekatan untuk membuat rancangan dengan cepat dan bertahap sehingga dapat segera dievaluasi oleh pengguna. Adapun model pengembangan Prototipe yang digunakan pada penelitian ini digambarkan pada Gambar 1.

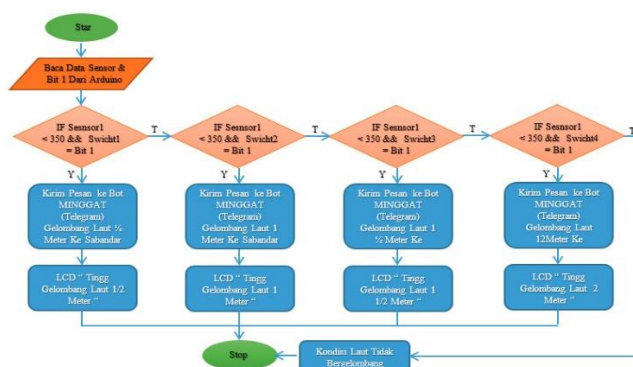


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang disajikan dalam bentuk blok diagram, yang mencerminkan tahapan-tahapan penting dalam perancangan dan implementasi sistem. Penelitian ini dimulai dengan identifikasi kebutuhan tahap identifikasi kebutuhan pengguna dan sistem dilakukan untuk melakukan analisis terhadap kebutuhan pengguna dan sistem yang diperlukan. Kebutuhan ini digunakan sebagai landasan dan kerangka berpikir dari perancangan sistem yang akan dilakukan. Selanjutnya persiapan *hardware* dan *software* yang mencakup komponen fisik dan perangkat lunak untuk perancangan. Setelah semua persiapan selesai, tahap evaluasi dilakukan pengkodean sistem dan dilanjutkan dengan pengujian sistem serta implementasikan.

2.2 Flowchart Sistem Monitoring Gelombang Laut

Flowchart sistem monitoring gelombang laut ini dirancang untuk memberikan gambaran tentang alur kerja dalam mendeteksi dan memantau ketinggian gelombang laut secara otomatis menggunakan sensor yang terhubung dengan Arduino. *Flowchart* sistem monitoring gelombang laut ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Sistem Monitoring Gelombang Laut

Gambar 2 menunjukkan *flowchart* dari sebuah sistem monitoring gelombang laut berbasis sensor yang terkoneksi dengan Arduino. Berikut penjelasan dari setiap langkah pada diagram tersebut:

a. Mulai (Start): Sistem dimulai dengan kondisi awal.

- b. Baca Data Sensor dan Bit 1 dari Arduino: Sistem membaca data yang diperoleh dari sensor dan bit 1 yang dihasilkan Arduino sebagai indikasi awal.
- c. Kondisi IF Sensor < 350 dan Switch X == Bit 1: Sistem kemudian memeriksa apakah nilai sensor lebih kecil dari 350 dan apakah salah satu switch (X) aktif. Ada beberapa kondisi yang berbeda berdasarkan nilai tinggi gelombang laut yang dipantau.
- d. IF Sensor1 < 350 & Switch1 == Bit 1: Jika kondisi ini terpenuhi, sistem mengirimkan pesan ke bot di aplikasi Telegram dengan notifikasi bahwa ketinggian gelombang laut kurang dari 1/2 meter per sekon. Kemudian, sistem menampilkan informasi ini pada layar LCD dengan tulisan "Tinggi Gelombang Laut 1/2 Meter".
- e. IF Sensor1 < 350 & Switch2 == Bit 1: Jika kondisi ini terpenuhi, sistem mengirimkan pesan ke bot Telegram bahwa ketinggian gelombang laut adalah 1 meter. Informasi ini juga ditampilkan pada LCD.
- f. IF Sensor1 < 350 & Switch3 == Bit 1: Jika kondisi ini terpenuhi, sistem mengirimkan pesan ke bot Telegram bahwa ketinggian gelombang laut adalah 1 1/2 meter. Informasi ini juga ditampilkan pada LCD.
- g. IF Sensor1 < 350 & Switch4 == Bit 1: Jika kondisi ini terpenuhi, sistem mengirimkan pesan ke bot Telegram bahwa ketinggian gelombang laut adalah 2 meter. Informasi ini juga ditampilkan pada LCD.
- h. Kondisi Laut Tidak Berombak: Jika tidak ada kondisi IF yang terpenuhi, berarti kondisi laut dianggap tidak berombak.
- i. Stop: Sistem berhenti setelah pengecekan selesai.

Sistem ini bekerja dengan membaca data dari sensor yang mengukur tinggi gelombang laut dan menentukan kondisi berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Jika gelombang mencapai ketinggian tertentu, sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan melalui bot Telegram untuk memberikan informasi secara real-time kepada pengguna, serta menampilkan informasi ketinggian gelombang tersebut pada layar LCD. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat membantu dalam memberikan peringatan dini terhadap potensi kenaikan gelombang yang signifikan, sehingga dapat meningkatkan kesiapsiagaan terhadap kondisi laut yang berbahaya.

2.3 Desain Arsitektur

Desain arsitektur sistem monitoring gelombang laut sebagai peringatan dini dirancang untuk mendeteksi perubahan gelombang laut secara real-time guna memberikan peringatan dini terhadap potensi bencana seperti tsunami atau cuaca ekstrem. Sistem ini mengintegrasikan perangkat sensorik yang ditempatkan di berbagai lokasi strategis di laut untuk memantau ketinggian gelombang, arus laut, dan kondisi cuaca. Data yang dikumpulkan oleh sensor ini akan diproses dan dianalisis menggunakan algoritma canggih yang dapat mendeteksi pola-pola yang mencurigakan atau tidak normal, sehingga memungkinkan pengiriman peringatan dini kepada otoritas terkait dan masyarakat. Arsitektur ini juga mencakup sistem komunikasi yang handal untuk memastikan informasi penting dapat dengan cepat disebarkan kepada pihak yang membutuhkan. Gambar desain arsitektur ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Arsitektur

Gambar 3 menunjukkan arsitektur sistem monitoring tinggi gelombang laut yang terdiri dari beberapa komponen utama. Node sensor berperan penting dalam mendeteksi tinggi gelombang laut dengan memanfaatkan perangkat seperti NodeMCU, sensor jarak, sensor switch air, LCD untuk tampilan data, serta sirine peringatan yang akan memberikan notifikasi. Data tinggi gelombang laut (1M hingga 4M) dikirim melalui konektivitas GSM atau BTS ke server melalui jaringan internet. Server menyimpan data dalam database dan memproses informasi untuk ditampilkan kepada pengguna atau otoritas pelabuhan melalui aplikasi atau perangkat yang terkoneksi. Koneksi antara perangkat dilakukan menggunakan WiFi dan modem/router, yang memastikan komunikasi data berjalan dengan

lancar. Sistem ini memungkinkan pemantauan real-time terhadap kondisi gelombang laut, sehingga otoritas dapat mengambil langkah-langkah pencegahan atau tindakan cepat sesuai kebutuhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan ragam sensor dalam sistem monitoring gelombang laut sebagai peringatan dini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan deteksi dan respons terhadap perubahan kondisi laut secara real-time. Teknologi IoT memungkinkan sensor-sensor yang ditempatkan di laut untuk saling terhubung dan mengirimkan data secara langsung ke pusat pemantauan. Berbagai jenis sensor, seperti sensor tekanan, sensor seismik, dan GPS, digunakan untuk mengukur parameter penting seperti tinggi gelombang, kecepatan arus, dan pergerakan dasar laut. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis oleh sistem, yang dapat memicu peringatan dini jika terdeteksi perubahan signifikan yang mengindikasikan potensi bahaya, seperti tsunami atau gelombang laut yang tinggi.

Sistem ini dilengkapi dengan algoritma pemrosesan data yang dapat mengidentifikasi pola-pola tertentu yang menjadi indikator peringatan. Setelah terdeteksi, peringatan dini dikirimkan melalui jaringan IoT ke perangkat yang terhubung, seperti aplikasi di ponsel atau melalui pesan di platform komunikasi (Telegram), sehingga masyarakat dan pihak berwenang dapat segera mengambil langkah antisipasi. Implementasi teknologi IoT ini memberikan keuntungan berupa monitoring yang berkelanjutan, pengurangan keterlambatan dalam deteksi bahaya, dan peningkatan akurasi data dibandingkan dengan metode pemantauan tradisional. Sistem ini diharapkan dapat memperkuat kesiapsiagaan dan mitigasi bencana di wilayah pesisir, mengurangi risiko yang dihadapi masyarakat dari ancaman gelombang laut yang berbahaya.

3.1 Perancangan Sistem Monitoring Gelombang Laut sebagai Peringatan Dini

Perancangan sistem monitoring gelombang laut sebagai peringatan dini bertujuan untuk menciptakan mekanisme deteksi dan pengawasan yang cepat dan akurat dalam menghadapi potensi ancaman gelombang tinggi atau tsunami. Sistem ini dirancang dengan memanfaatkan berbagai komponen utama, seperti sensor-sensor tekanan, akselerometer, dan radar gelombang laut, yang dipasang di laut dan pesisir untuk mengukur perubahan parameter fisik secara real-time. Data yang dihasilkan oleh sensor-sensor ini kemudian dikirim melalui jaringan *Internet of Things* (IoT) ke pusat pemrosesan data, di mana algoritma pemodelan dan analisis dijalankan untuk mendeteksi pola perubahan yang mengindikasikan ancaman gelombang ekstrem. Sistem ini juga dilengkapi dengan kemampuan otomatisasi yang dapat memicu peringatan langsung kepada otoritas terkait dan masyarakat melalui media komunikasi yang terintegrasi, seperti sirene, aplikasi seluler, dan pemberitahuan berbasis SMS. Dengan desain yang responsif dan adaptif, perancangan sistem ini diharapkan mampu mempercepat tindakan evakuasi dan pengamanan, sehingga risiko kerugian dan dampak bencana dapat diminimalisir. Prototipe untuk monitoring menggunakan teknologi berbasis sensor yang terhubung dengan komputer ditampilkan pada Gambar 4.



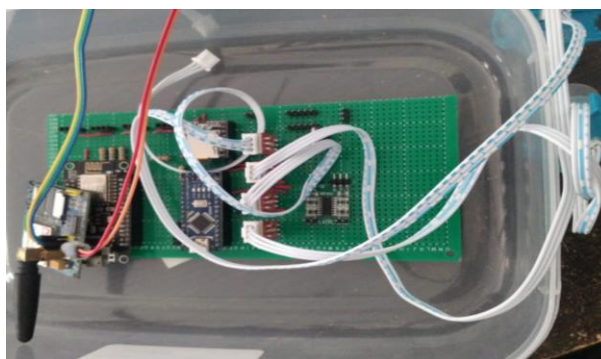
Gambar 4. Prototipe untuk Monitoring Menggunakan Teknologi Berbasis Sensor

Sensor ultrasonik ini digunakan untuk mengukur jarak atau mendeteksi ketinggian. Sensor ultrasonik ini kemungkinan berfungsi untuk mendeteksi tinggi gelombang atau jarak objek dari permukaan, yang relevan untuk sistem monitoring. Modul mikrokontroler adalah pusat pengolahan data yang menerima input dari sensor, memprosesnya, dan mengirimkan hasilnya ke perangkat output (seperti LCD atau laptop). Modul ini terhubung ke laptop melalui kabel USB untuk pengiriman data dan daya. Layar LCD ini digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan dari sensor dalam bentuk visual. Layar ini memberikan informasi langsung kepada pengguna mengenai nilai yang terdeteksi oleh sensor. Prototipe ini berfungsi sebagai bagian dari pengujian sistem monitoring yang berbasis sensor untuk aplikasi tertentu, misalnya untuk mendeteksi ketinggian atau pergerakan objek. Penggunaan Arduino IDE pada laptop memungkinkan pengguna memantau data secara langsung dan mengatur konfigurasi mikrokontroler serta sensor untuk melakukan kalibrasi atau debugging.



Gambar 5. Pengujian Prototipe untuk Monitoring Menggunakan Teknologi Berbasis Sensor

Gambar 5 menunjukkan sebuah proyek elektronik yang sedang dirakit dan diuji, terlihat dari berbagai komponen yang tersambung di meja. Di sebelah kiri terdapat sebuah papan sirkuit hijau yang dilengkapi beberapa modul dan komponen elektronik, seperti LED yang menyala, modul ESP8266 (untuk koneksi nirkabel), dan beberapa sensor. Beberapa kabel jumper berwarna terhubung ke sensor ultrasonik yang berada di dekat papan sirkuit. Selain itu, terdapat juga layar LCD yang kemungkinan digunakan untuk menampilkan data dari sensor. Di belakang papan sirkuit, terdapat sebuah speaker hitam yang digunakan sebagai alarm atau sistem pemberitahuan. Di sebelah kanan terdapat laptop yang menampilkan lingkungan pemrograman Arduino IDE dengan kode yang sedang ditulis atau diuji untuk proyek ini.



Gambar 6. Prototipe Internet of Things (IoT) untuk Sistem Pemantauan Jarak Jauh

Gambar 6 tersebut menunjukkan sebuah rangkaian elektronik yang dipasang pada papan sirkuit prototipe (*prototype board*) berwarna hijau. Beberapa komponen utama terlihat terpasang pada papan ini, termasuk modul komunikasi nirkabel dengan antena, mikrokontroler (seperti Arduino Nano), dan berbagai modul pendukung yang terhubung menggunakan kabel jumper dan kabel pita (*ribbon cable*) berwarna biru-putih. Modul nirkabel dengan antena menunjukkan bahwa rangkaian ini mungkin digunakan untuk komunikasi jarak jauh, seperti IoT (*Internet of Things*) atau pemantauan *remote*. Kabel-kabel yang terhubung menunjukkan adanya interkoneksi antar komponen untuk mengalirkan sinyal data atau daya.

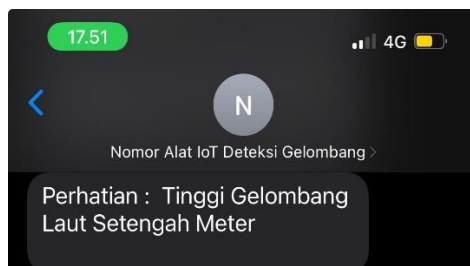
3.2 Pengujian Sistem

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan sensor dalam sistem monitoring gelombang laut menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mengembangkan sistem peringatan dini bagi masyarakat di wilayah pesisir. Peningkatan risiko bencana alam seperti tsunami dan gelombang tinggi menuntut adanya inovasi sistem monitoring yang responsif dan andal. Melalui IoT dan ragam sensor, sistem monitoring ini dapat mendeteksi perubahan kondisi laut secara real-time dan mengirimkan data langsung ke pusat kendali untuk dianalisis. Teknologi ini juga memungkinkan integrasi data dalam skala besar, sehingga keputusan dan peringatan dapat disampaikan dengan cepat dan akurat kepada masyarakat.

Hasil pengujian dari penerapan teknologi IoT dan berbagai jenis sensor menunjukkan bahwa sistem monitoring ini mampu mendeteksi perubahan karakteristik gelombang laut secara signifikan, seperti ketinggian, kecepatan, dan arah gelombang, yang berkaitan erat dengan potensi bencana. Sensor yang digunakan, seperti sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian gelombang dan sensor tekanan untuk memantau perubahan kedalaman, memberikan data yang akurat dengan tingkat kesalahan minimal. Melalui uji coba di beberapa lokasi, sistem ini menunjukkan kehandalan dalam mengirimkan data secara real-time tanpa adanya jeda waktu yang berarti, yang sangat penting untuk mitigasi risiko.

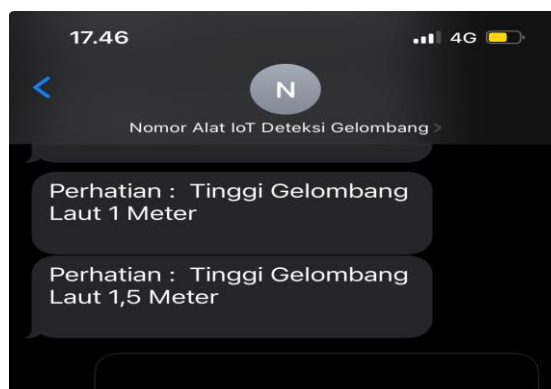
Sistem monitoring gelombang laut berbasis IoT ini juga mempermudah pemeliharaan dan pengembangan infrastruktur peringatan dini. Selain mampu memberikan data yang kontinu, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa

sistem ini memiliki fleksibilitas untuk diintegrasikan dengan perangkat lainnya, seperti sirene otomatis atau aplikasi berbasis seluler untuk memberikan peringatan kepada masyarakat. Dengan demikian, penerapan teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pemantauan kondisi laut, tetapi juga menjadi dasar pengembangan sistem peringatan dini yang lebih modern, cepat, dan terjangkau bagi pemerintah dan masyarakat di kawasan pesisir. Gambar 6 merupakan notifikasi hasil pengujian gelombang laut setinggi setengah meter.



Gambar 7. Hasil Pengujian Notifikasi Gelombang Setengah Meter

Hasil pengujian sistem notifikasi untuk deteksi gelombang laut dengan ketinggian setengah meter menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki keandalan yang tinggi dalam memberikan peringatan dini. Ketika gelombang mencapai ambang batas yang telah ditentukan, yaitu setengah meter, sensor yang terhubung dengan sistem IoT berhasil mendeteksi perubahan secara akurat dan mengirimkan notifikasi dalam waktu kurang dari beberapa detik ke pusat kontrol dan perangkat pengguna. Notifikasi ini langsung diteruskan melalui aplikasi berbasis seluler dan platform lainnya, memastikan bahwa pihak terkait dapat menerima peringatan secara real-time tanpa jeda yang signifikan. Gambar 7 merupakan notifikasi hasil pengujian gelombang laut setinggi setengah meter.



Gambar 8. Hasil Pengujian Notifikasi Gelombang Satu Meter

Hasil pengujian sistem notifikasi untuk mendeteksi gelombang laut setinggi satu meter menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam memberikan peringatan secara real-time. Ketika ketinggian gelombang mencapai satu meter, sensor yang terintegrasi dalam sistem IoT berhasil mendeteksi perubahan ini secara akurat dan langsung mengirimkan notifikasi ke pusat kontrol dan pengguna terkait dalam hitungan detik. Notifikasi ini dikirim melalui aplikasi seluler dan platform komunikasi lain yang tersedia, memungkinkan informasi sampai dengan cepat kepada pihak yang membutuhkan untuk meningkatkan kesiapsiagaan. Gambar 8 merupakan notifikasi hasil pengujian gelombang laut setinggi dua meter.



Gambar 9. Hasil Pengujian Notifikasi Gelombang Dua Meter

Hasil pengujian sistem notifikasi untuk mendeteksi gelombang laut setinggi dua meter menunjukkan kinerja yang sangat andal dalam mengirimkan peringatan dengan cepat dan akurat. Ketika ketinggian gelombang mencapai ambang batas dua meter, sensor yang terhubung dengan teknologi IoT secara otomatis mendeteksi perubahan ini dan segera mengirimkan notifikasi ke pusat kontrol serta perangkat pengguna dalam waktu beberapa detik. Peringatan

disalurkan melalui berbagai saluran, termasuk aplikasi berbasis seluler, SMS, dan sistem komunikasi lainnya, memastikan informasi tiba tepat waktu untuk mengurangi risiko bagi masyarakat dan pihak berwenang di area pesisir. Hasil pengujian sistem notifikasi gelombang laut berbasis IoT menunjukkan bahwa teknologi ini efektif dalam mendeteksi ketinggian gelombang tertentu, mulai dari setengah meter hingga dua meter, dan memberikan peringatan dini secara cepat dan akurat. Sensor yang terintegrasi dalam sistem ini mampu mengukur perubahan ketinggian gelombang dengan presisi tinggi, dan teknologi IoT memungkinkan transmisi data yang stabil ke berbagai platform komunikasi, termasuk aplikasi seluler dan sistem pesan instan. Dengan kemampuan ini, sistem memberikan notifikasi real-time yang sangat penting untuk kesiapsiagaan di wilayah pesisir yang rawan bencana. Pengujian di berbagai lokasi pesisir dengan kondisi lingkungan yang berbeda menunjukkan bahwa sistem tetap andal dalam berbagai situasi, bahkan dalam kondisi jaringan terbatas. Notifikasi yang dikirimkan segera setelah gelombang mencapai ambang batas memberikan waktu yang cukup bagi masyarakat dan pihak berwenang untuk mengambil langkah-langkah mitigasi yang diperlukan. Kecepatan dan keakuratan sistem ini menegaskan bahwa teknologi IoT memiliki potensi besar sebagai komponen utama dalam sistem peringatan dini untuk bencana alam di daerah pesisir. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini membuktikan bahwa penerapan IoT dan ragam sensor dalam sistem monitoring gelombang laut sangat efektif untuk memperkuat peringatan dini. Dengan kemampuan mendeteksi berbagai ketinggian gelombang, sistem ini dapat menjadi alat mitigasi bencana yang andal dan efisien, serta dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung kesiapsiagaan yang lebih baik bagi masyarakat pesisir terhadap potensi ancaman gelombang tinggi dan tsunami.

4. KESIMPULAN

Penerapan teknologi IoT dan ragam sensor dalam sistem monitoring gelombang laut sebagai peringatan dini menawarkan solusi yang efektif dan efisien untuk menghadapi ancaman bencana alam seperti tsunami. Dengan memanfaatkan sensor-sensor canggih yang mampu mendeteksi perubahan fisik pada gelombang laut secara real-time, serta kemampuan IoT untuk mengirimkan data secara terus-menerus ke pusat pemrosesan, sistem ini dapat memberikan peringatan dini yang akurat dan cepat. Integrasi teknologi ini tidak hanya meningkatkan kecepatan respons dan akurasi prediksi, tetapi juga memungkinkan otomatisasi dalam pemberian informasi kepada masyarakat dan otoritas terkait. Penerapan teknologi IoT dan sensor dalam peringatan dini gelombang laut tidak hanya memberikan solusi jangka pendek dalam mitigasi bencana, tetapi juga membangun fondasi untuk sistem yang lebih canggih dan terintegrasi, yang dapat diandalkan dalam menghadapi ancaman global di masa depan. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem ini dapat memberikan peringatan dini yang lebih cepat dan lebih akurat dibandingkan dengan metode konvensional yang digunakan saat ini. Selain itu, kemampuan untuk memantau gelombang laut secara terus-menerus dan remote memungkinkan respons yang lebih cepat dari pihak berwenang dan masyarakat.

REFERENCES

- [1] S. Biswas, A. Sanyal, D. Božanić, A. Puška, and D. Marinković, "Critical Success Factors for 5G Technology Adaptation in Supply Chains," *Sustainability*, vol. 15, no. 6, p. 5539, Mar. 2023, doi: 10.3390/su15065539.
- [2] R. D. Rusnawati and R. T. S. Hariyati, "Implementasi internet of things pada layanan kesehatan (literature review)," *J. Innov. Res. Knowl.*, vol. 1, no. 8, pp. 569–574, 2022, doi: 10.53625/jirk.v1i8.1082.
- [3] E. Said Mohamed, A. A. Belal, S. Kotb Abd-Elmabod, M. A. El-Shirbeny, A. Gad, and M. B. Zahran, "Smart farming for improving agricultural management," *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007>.
- [4] J. Wang and Y. Zhang, "Using cloud computing platform of 6G IoT in e-commerce personalized recommendation," *Int. J. Syst. Assur. Eng. Manag.*, vol. 12, no. 4, pp. 654–666, Aug. 2021, doi: 10.1007/s13198-021-01059-1.
- [5] S. G. Zain and W. Rahmawati, "Wireless Monitoring Ketinggian Gelombang Laut Berbasis Sensor Inersial Measurement Unit," *J. Embed. Syst. Secur. Intell. Syst.*, pp. 33–40, 2020, doi: 10.26586/jessi.v1i1.402.
- [6] A. M. Sihite, M. I. Sari, and H. R. Andrian, "Sistem Monitoring Ketinggian Gelombang Air Laut Pada Pelabuhan Berbasis Web," *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 5, no. 3, 2019, doi: 10.34818/EPAS.2019.5.3.
- [7] D. B. Pratama, D. B. Santoso, and R. Rahmadewi, "ANALISIS QUALITY OF SERVICE DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS (IOT) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 17, Jan. 2023, doi: 10.30591/polekro.v12i1.4309.
- [8] Siswaya and B. W. Aji, "Rancang Bangun Prototipe Monitoring Kekurangan Dan Penggantian Air Akuarium Otomatis Berbasis IoT," *J. Inform. Komputer, Bisnis dan Manaj.*, vol. 21, no. 3, pp. 67–79, Nov. 2023, doi: 10.61805/fahma.v21i3.101.
- [9] R. Arat and S. Saprudin, "Perancangan Sistem Alarm Kebakaran Otomatis Berbasis Android Dengan Internet Of Things Menggunakan Fire Detector Sensor: Studi Kasus: Firla Florist," *Sci. Sacra J. Sains, Teknol. dan Masy.*, vol. 3, no. 4, pp. 8–14, 2023, doi: 10.1016/STM.v3i4.33.
- [10] A. P. Wirawan and H. Nugroho, "Perancangan Node Sensor Nirkabel BLE Bertenaga Baterai menggunakan ESP32 untuk Aplikasi Pertanian Cerdas," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 11, no. 1, pp. 12–22, May 2023, doi: 10.34010/telekontran.v11i1.9607.
- [11] D. B. Saputra, A. Pradana, J. F. Togatorop, L. Jasa, and R. S. Hartati, "Rancang Bangun Purwarupa Monitoring Arus Bocor Pada Kabel Grounding Trafo Incoming 20 KV di Gardu Induk Nusa Dua Berbasis Internet Of Things," *INFORMATIKA*, vol. 12, no. 3, pp. 390–403, 2024, doi: 10.36987/informatika.v12i3.5998.
- [12] D. M. P. G. Wijaya, "Sistem Monitoring Hasil Pemanenan Madu Berbasis IoT," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 16, no. 1, pp. 201–215, 2023, doi: 10.51903/elkom.v16i1.1086.
- [13] F. A. D. Saputra, "Simulasi Penereapan Internet of Things (IoT) pada Ruang Kos sebagai Alat Kontrol, Monitoring dan



- Pencegah Kebakaran.” Politeknik Negeri Bali, 2024. doi: 10.57151/eprt.2024.364.
- [14] A. F. Pratama, S. Sulistiyanto, and R. Setyobudi, “Sistem Monitoring Smart Klinik Berbasis Internet Of Things (IOT),” *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 24–30, Apr. 2023, doi: 10.33650/jeecom.v5i1.4666.
- [15] F. Nuni Dea Rustanti and R. Zainul Abidin, “SISTEM MONITORING KADAR KETERSEDIAAN AIR PADA TANAMAN ANGGREK MENGGUNAKAN SENSOR SOIL MOISTURE BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT),” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, pp. 10197–10203, Sep. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.11012.
- [16] M. Akbar and A. L. Affandy, “Implementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Teknologi Internet of Things,” *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.33772/jfe.v8i1.23.
- [17] B. Widodo, U. Sastrawan, W. Kuntari, and A. Sayekti, “Peningkatan Kesadaran Urban Farming dan Pemanfaatan Teknologi IoT Melalui Workshop Inovatif di SMKS Bhinneka Karya 5 Boyolali,” *J. Abdimas ADPI Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 19–26, 2024, doi: 10.47841/saintek.v5i3.415.
- [18] I. P. Sari, A. Novita, A.-K. Al-Khowarizmi, F. Ramadhani, and A. Satria, “Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3,” *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 4, pp. 337–343, Jun. 2024, doi: 10.56211/blendsains.v2i4.505.
- [19] M. I. Rahmawati and A. Subardjo, “INTERNET OF THINGS (IoT) DAN BLOCKCHAIN DALAM PERSPEKTIF AKUNTANSI,” *J. Akunt. dan Keuang.*, vol. 28, no. 1, pp. 28–36, Jan. 2023, doi: 10.23960/jak.v28i1.828.
- [20] G. Heru Sandi and Y. Fatma, “PEMANFAATAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IOT) PADA BIDANG PERTANIAN,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–5, Jan. 2023, doi: 10.36040/jati.v7i1.5892.