

PERANCANGAN *PROTOTYPE* MONITORING TINGGI PASANG SURUT DAN GETARAN DI LAUT SEBAGAI PERINGATAN DINI TSUNAMI MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Aris Fragina¹, Didik Notosudjono², Agustini Rodiah Machdi³.

ABSTRAK

Tsunami bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti gempa bumi di dasar laut atau letusan gunung berapi yang mengganggu keseimbangan air laut. Untuk mengatasi hal ini, sebuah prototipe sistem telah dikembangkan untuk memantau ketinggian pasang surut, kecepatan gelombang, dan getaran di laut secara *real-time*. Sistem ini berfungsi sebagai peringatan dini tsunami dan menggunakan tenaga surya berbasis *Internet of Things* (IoT). Prototipe ini dilengkapi dengan mikrokontroler ESP32 yang mengontrol dan mengumpulkan data dari berbagai sensor, seperti sensor *ultrasonic* HC-SR04, sensor getar SW-420, sensor kecepatan inframerah LM 393, dan sensor tegangan DC. Data dari sensor-sensor tersebut ditampilkan secara *real-time* di LCD, aplikasi *Blynk*, situs web, dan juga dikirimkan melalui Telegram. Selain itu, perangkat ini menggunakan panel surya sebagai sumber daya sehingga dapat beroperasi secara mandiri dan ramah lingkungan. Alat ini memiliki potensi besar sebagai sistem peringatan dini untuk ancaman tsunami, membantu masyarakat menjaga keselamatan dengan memberikan informasi yang akurat dan *real-time* tentang potensi bahaya tsunami di sekitar mereka.

Kata Kunci : Tsunami, *Solar Cell*, Sensor, Laut, *Internet of Things* (IoT).

ABSTRACT

Tsunamis can be caused by various factors, such as underwater earthquakes or volcanic eruptions that disrupt the balance of seawater. To address this, a prototype system has been developed to monitor tidal heights, wave speeds, and sea vibrations in real-time. This system functions as an early warning for tsunamis and utilizes solar power based on the Internet of Things (IoT). The prototype is equipped with an ESP32 microcontroller that controls and collects data from various sensors, such as the HC-SR04 ultrasonic sensor, SW-420 vibration sensor, LM 393 infrared speed sensor, and DC voltage sensor. Data from these sensors are displayed in real-time on an LCD, the Blynk application, a website, and are also sent via Telegram. Additionally, the device uses solar cells as a power source, allowing it to operate independently and in an environmentally friendly manner. This tool has great potential as an early warning system for tsunami hazards, helping communities stay safe by providing accurate and real-time information about potential tsunami threats in their vicinity.

Keywords: Tsunami, *Solar Cell*, Sensor, Ocean, *Internet of Things* (IoT).

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tsunami adalah gelombang besar yang terbentuk di lautan akibat gempa bumi, tanah longsor, letusan gunung berapi, atau kejadian sejenis lainnya. Pergerakan vertikal pada lempeng yang mengandung patahan merupakan langkah pertama dalam proses menghasilkan tsunami [1].

Tsunami tidak hanya berupa satu gelombang tunggal yang muncul dan hilang begitu saja. Di lautan terbuka, terdapat serangkaian gelombang kuat. Ketika gelombang tsunami ini mencapai perairan dangkal dan ketinggiannya melebihi permukaan air normal, gelombang yang tinggi

dan cepat tersebut dapat menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan penduduk di sepanjang garis pantai. atapun pengunjung Pantai sehingga menimbulkan korban jiwa [1].

Dalam konteks ini, penelitian mengembangkan perangkat untuk memantau tinggi pasang surut air laut dan getaran sebagai sistem peringatan tsunami dengan menggunakan PLTS, Perangkat ini memberikan peringatan melalui buzzer

LED dan notifikasi ke Telegram jika terdeteksi potensi bahaya. Dengan desain yang portabel dan menggunakan energi surya, perangkat ini

memungkinkan pemantauan di berbagai lokasi [2].

Sensor ultrasonik HCSR04 akan memantau ketinggian air laut, sementara sensor getar SW-420 mendeteksi getaran. Sensor inframerah LM393 mengukur kecepatan arus air laut. Jika salah satu sensor mendeteksi bahaya, *buzzer* akan berbunyi dan LED merah akan menyala, serta ESP32 akan mengolah data yang ditangkap oleh sensor. Dengan demikian, ketika ada bahaya potensial tsunami, notifikasi akan dikirim secara real-time melalui Telegram, sehingga orang-orang yang berada di dekat pantai dapat menerima peringatan dan merasa lebih aman. Pendekatan ini memberikan solusi komprehensif untuk pemantauan laut yang lebih baik [2].

II. DASAR TEORI

2.1 Panel Surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang disusun dalam konfigurasi paralel dan seri. atau kombinasi keduanya. Blok bangunan utama pembangkit listrik tenaga surya adalah modul surya. Bagian ini terlibat dalam menangkap energi matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sistem yang menggunakan sel surya untuk menghasilkan listrik sangat menarik karena tidak memiliki bagian yang bergerak [3].

Sel surya bekerja dengan memanfaatkan efek fotovoltaiik, di mana energi matahari diubah langsung menjadi energi listrik. Sel-sel ini dibuat dari silikon kristal tunggal, yang mengalami pemurnian untuk membentuk struktur atomnya [3].

Atom merupakan elemen dasar yang membentuk bahan-bahan. Atom terdiri dari inti yang terdiri atas proton bermuatan positif dan neutron tanpa muatan, dikelilingi oleh beberapa elektron yang bermuatan negatif.

Dengan sifat-sifat atom yang terbentuk, ini menghasilkan fenomena elektromagnetik yang menciptakan efek Fotovoltaiik. Proses Fotovoltaiik atau *Photovoltaic* (PV) adalah konversi energi cahaya menjadi energi listrik pada tingkat atom [3].

2.2 Solar Charge Controller Tipe PWM

SCC tipe PWM merupakan perangkat pengontrol pengisian baterai yang menggunakan modulasi pulsa untuk mengatur kapan baterai sedang diisi dan dikosongkan. Pengontrol semacam ini secara bertahap menurunkan

tegangan Ketika baterai sudah penuh. PWM hanya dapat mengubah tegangan dari baterai jika tegangan tersebut berasal dari baterai. Baterai tidak akan terisi secara otomatis jika voltase panel lebih rendah dari voltase baterai. PWM memiliki kapasitas yang terbatas, sehingga ideal untuk sistem PLTS yang memiliki kapasitas kecil seperti SHS (*Solar Home System*). Tipe PWM SCC dapat dilihat di gambar 1 [3].



Gambar 1. SCC Tipe PWM

3.3 Baterai

Nama baterai mengacu pada ukuran silinder, dimana angka 650 mengacu pada tinggi baterai, 65,0 dan angka 18 mengacu pada diameter baterai. Berdasarkan jenis produk baterai, angka "0" setelah koma menunjukkan total toleransi yang tinggi untuk baterai tersebut. Tegangan kerja baterai 18650 adalah 3,7 volt. Ketika diisi daya, tegangannya bisa mencapai maksimal 4,2 volt, dan ketika dalam kondisi terdepan, tegangannya bisa turun hingga 3,0 volt. Berdasarkan variasi produksinya dalam menangani berbagai arus listrik, gambar 2 menunjukkan karakteristik baterai [4].



Gambar 2. Baterai Li-Ion 18650

2.4 Sensor Ultrasonic HCSR04

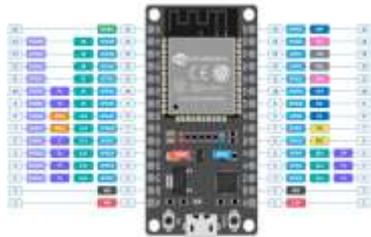
Sensor *ultrasonic* adalah perangkat yang mampu mengukur jarak dengan mengubah sifat fisik (suara) menjadi sifat listrik atau sebaliknya. Ide inti dari sensor ini adalah menggunakan prinsip pantulan gelombang ultrasonik, yang merupakan gelombang suara dengan frekuensi tinggi (khususnya sekitar 40 kHz), untuk mengukur jarak antara objek. Frekuensi gelombang ini ditentukan oleh sumber osilator, dan sensor ultrasonik dapat dilihat dalam gambar 3 berikut [5].



Gambar 3. Sensor Ultrasonic Hcsr04

2.5 NodeMCU ESP 32

NodeMCU32 adalah salah satu varian mikrokontroler yang sangat sesuai untuk proyek-proyek IoT (*Internet of Things*) dan proyek kendali jarak jauh (RC). Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul ESP32 (ESP-WROOM-32) yang diproduksi oleh perusahaan atau produsen bernama ESPRESSIF, ESP32 bisa ditemukan pada gambar 4 berikut [6].



Gambar 4. ESP32

NodeMcu ESP32 merupakan perkembangan dari mikrokontroler ESP8266 yang berasal dari *Espressif System*. Dalam hal spesifikasi, ESP32 memiliki fitur yang sangat lengkap, sehingga menjadikannya pilihan yang sangat tepat untuk aplikasi terutama terkait dengan konsep (IoT). Hal ini disebabkan karena mikrokontroler ini memiliki kemampuan untuk berkomunikasi melalui protokol *Wi-Fi*, *BLE (Bluetooth Low Energy)*, dan *Bluetooth* [6].

2.6 Modul Step Down XL4015

Modul *Buck converter step-down XL4015 CC/CV* Adalah suatu alat konverter DC-DC yang berfungsi untuk mengurangi tegangan DC. Modul ini dilengkapi dengan potensiometer yang memungkinkan pengguna untuk mengatur tingkat tegangan keluaran sesuai dengan kebutuhan, dengan tingkat presisi yang cukup tinggi, Modul *stepdown* dapat ditunjukkan pada gambar 5 [7].



Gambar 5. Modul Step Down XI4015

2.7 Sensor Getar SW420

Sensor getaran adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi getaran dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Cara kerja dari sensor ini melibatkan penggunaan satu buah pelampung logam yang akan mengalami getaran di dalam tabung yang memiliki dua elektroda ketika modul sensor menerima getaran atau benturan. Sensor ini menghasilkan dua keluaran, yaitu

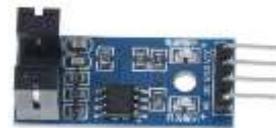
keluaran digital (0 dan 1) dan keluaran analog (dalam bentuk tegangan), sensor getar SW420 dapat dilihat pada gambar 6 berikut [8].



Gambar 6. Sensor Getar Sw420

2.8 Speed Sensor Infrared LM393

Sensor kecepatan inframerah LM 393 adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan benda yang berputar. Komponen sensor ini melibatkan fototransistor dan LED inframerah yang ditempatkan pada sisi yang berlawanan dari objek berputar. Saat objek berputar, ia menghalangi sinar inframerah yang terpancar di antara fototransistor dan LED, menghasilkan sinyal yang dapat diinterpretasikan sebagai 0 dan 1, yang selanjutnya menghasilkan pulsa denyut. Dengan menghitung jumlah pulsa selama periode waktu tertentu, kita dapat menghitung kecepatan benda yang berputar, sensor speed infrared LM 393 dapat ditunjukkan pada gambar 7 [9].



gambar 7. Speed infrared LM393

2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah sebuah perangkat elektronika yang dirancang untuk menampilkan informasi atau pesan dari mikrokontroler. Teknologi ini telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik seperti televisi, kalkulator, dan monitor komputer. Gambar 8 menunjukkan contoh dari LCD I2C [10].



Gambar 8. LCD 16X2

2.10 Buzzer

Buzzer merupakan sebuah perangkat elektronik yang mengubah energi listrik menjadi gelombang suara. Umumnya, *buzzer* dipakai dalam perangkat elektronik sebagai alarm atau penanda untuk menunjukkan kondisi tertentu. Salah satu tipe buzzer yang sering digunakan adalah buzzer piezoelektrik, seperti yang terlihat pada gambar 9 berikut[11].



Gambar 9. Buzzer

2.11 LED (*Light Emitting Diode*)

LED atau *Light Emitting Diode* adalah sebuah komponen elektronika yang dapat menghasilkan cahaya tunggal ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan bagian dari keluarga dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna cahaya yang dipancarkan oleh LED bervariasi tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang digunakan. Contoh dari LED dapat ditemukan pada gambar 10 [12].



Gambar 10. LED

2.12 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah sistem tertanam khusus yang dirancang untuk memastikan konektivitas internet yang terus-menerus, memfasilitasi kegiatan seperti berbagi data, pengelolaan jarak jauh, dan fungsi lainnya. Konsep ini diterapkan dalam berbagai aplikasi sehari-hari, termasuk barang konsumsi, elektronik, dan perangkat rumah tangga yang dilengkapi dengan sensor dan terhubung dalam sebuah jaringan [13].

Implementasi IoT melibatkan pemrograman mesin untuk beroperasi secara otonom melalui koneksi internet, memungkinkan perangkat elektronik untuk memproses data. Interaksi ini terjadi melalui antarmuka yang memediasi antara pengguna dan peralatan, menggunakan sensor secara *real-time* untuk mengubah data ke dalam format yang dapat dimengerti oleh mesin. Proses ini mempermudah pertukaran data di antara berbagai format (yang disebut 'Things') [13].

2.13 **Arduino IDE**

IDE, yang merupakan singkatan dari *Integrated Development Environment*, adalah sebuah platform terpadu yang digunakan untuk proses pengembangan perangkat lunak. Secara sederhana, IDE merupakan lingkungan perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram Arduino dan menjalankan fungsi

yang telah ditentukan dalam kode pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrogramannya sendiri yang mirip dengan C, yang disebut sebagai *Sketch*. Bahasa pemrograman ini telah disesuaikan agar lebih mudah dipahami oleh pemula dibandingkan dengan bahasa aslinya. Selain itu, IC mikrokontroler Arduino telah dilengkapi dengan sebuah perangkat lunak yang disebut bootloader, yang berfungsi sebagai penghubung antara kompilator Arduino dan mikrokontroler [14].

2.14 **BLYNK**

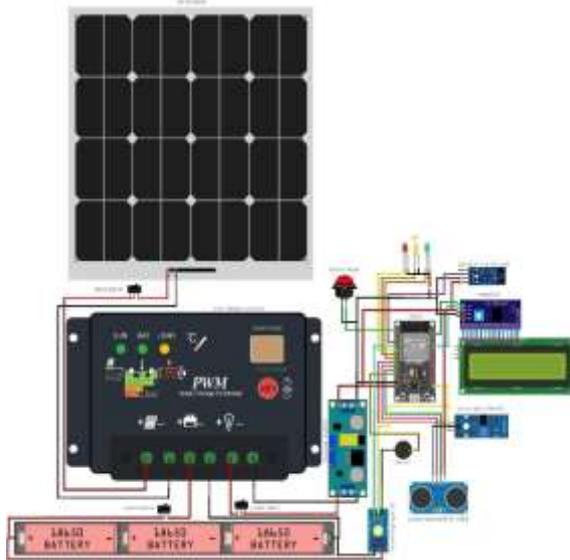
Blynk merupakan platform yang dapat digunakan di berbagai sistem operasi seperti iOS dan *Android*. Tujuannya adalah untuk mengatur dan mengendalikan perangkat seperti modul Arduino, *Raspberry Pi*, dan ESP32 secara lintas platform, dan perangkat serupa dari jarak jauh melalui internet. Penggunaan aplikasi Blynk mudah digunakan karena kompatibel dengan android dan iOS. Perlu dicatat bahwa aplikasi blynk tidak terikat pada komponen atau mikrokontroler tertentu tetapi memerlukan konektivitas *Wi-Fi* untuk menjalin komunikasi dengan perangkat keras, Representasi visual terhadap alur komunikasi pada aplikasi blynk [15].

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 **Cara Kerja Keseluruhan Alat**

Sistem ini bekerja dengan menggunakan beberapa sensor, antara lain sensor ultrasonik yang berfungsi mengukur ketinggian air dari 1-20 cm. Ketinggian air 1-10 cm menunjukkan kondisi aman, 11-15 cm menunjukkan ketinggian air di atas rata-rata dan memerlukan kehati-hatian, sedangkan 15-20 cm menandakan ketinggian air berbahaya yang dapat menyebabkan tsunami. Sensor getar SW-420 digunakan untuk mendeteksi gempa akibat getaran bawah laut. Selain itu, sensor kecepatan inframerah LM 393 digunakan untuk mengukur kecepatan gelombang air laut. *Buzzer* berfungsi sebagai indikator bahaya saat ketinggian air laut melebihi batas aman atau terjadi getaran bawah laut. LCD I2C akan menampilkan kondisi ketinggian air laut, getaran, dan kecepatan gelombang air laut. Informasi ini ditampilkan melalui *Internet of Things (IoT)* dengan menggunakan aplikasi *Blynk* dan *web* sebagai server yang menghubungkan alat dengan perangkat *Android* (aplikasi Telegram), menggunakan jaringan *WiFi* untuk menghubungkan server dan smartphone.

Keseluruhan rangkaian *schematic* dapat dilihat dalam ilustrasi gambar 11 berikut.



Gambar 11. Rangkaian Keseluruhan

I.V PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Dan Analisis Panel Surya

Pengujian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi performa dan daya yang dihasilkan oleh panel dalam variasi kondisi panas matahari. Hasil dari pengujian tersebut terdokumentasikan dalam gambar grafik 12 berikut.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Daya

• Analisis

Hasil pengukuran pada hari pertama yang sudah dilakukan pada jam 09.00-13.00, bisa dilihat bahwa daya maksimum yang dihasilkan sebesar 17,5 W pada jam 09.00 dan mengalami penurunan daya yang sangat jauh yaitu sebesar 7,40 W pada jam 12.00, hal itu dikarenakan faktor cahaya sinar matahari kurang stabil.

Hasil pengukuran pada hari kedua yang sudah dilakukan pada jam 09.00-13.00, bisa dilihat bahwa daya maksimum yang dihasilkan sebesar 20,0 W pada jam 11.00, dan mengalami penurunan daya yaitu sebesar 14,6 W pada jam 13.00, hal itu disebabkan faktor cahaya yang

sedikit redup dikarenakan sinar matahari kurang stabil.

Hasil pengukuran pada hari ketiga yang sudah dilakukan pada jam 09.00-13.00, bisa dilihat bahwa daya maksimum yang dihasilkan sebesar 18,9 W pada jam 12.00, dan mengalami penurunan yang cukup jauh yaitu sebesar 12,5 W pada jam 13.00, hal itu disebabkan faktor cahaya sinar matahari yang kurang stabil dikarenakan cuaca yang kurang stabil.

4.2 Analisis Perhitungan Baterai

Kebutuhan energi dapat ditemukan dalam tabel 1 yang terlampir:

Tabel 1. Kebutuhan Daya

No	Komponen	Daya (W)	Nyala (t)	Energi (Wh)
1	ESP32	0,33	12 jam	3,96
2	Buzzer	0,05		0,6
3	Led merah	0,04		0,48
4	Led kuning	0,05		0,6
5	Led hijau	0,05		0,6
6	Sensor tegangan	0,03		0,36
7	LCD I2C	0,11		1,32
8	Sensor ultrasonik	0,11		1,32
9	Sensor getar	0,06		0,72
10	Sensor infrared	0,11		1,32
11	Modul stepdown	0,018		0,216
Total		0,928	-	11,13

Untuk menentukan kebutuhan daya selama 12 jam dapat dihitung menggunakan persamaan 1 berikut

$$\text{Menghitung kebutuhan baterai} = \frac{\text{Beban harian (Wh)}}{V_s} \quad (1)$$

$$\text{Menghitung kebutuhan baterai} = \frac{11,13}{11,1}$$

$$\text{Menghitung kebutuhan baterai} = 1 \text{ Ah} \approx 1,000 \text{ mAh}$$

Penggunaan baterai tidak akan dibiarkan habis sampai 100%, sehingga dikenal sebagai DoD (*Depth of Discharge*). Umumnya, tingkat DoD hanya mencapai 80%, tidak akan dihabiskan sampai 100% dari kapasitas baterai, untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang masa pakai baterai. perhitungannya digunakan Persamaan 2 berikut :

$$C = \frac{N \times W}{V_s \times DOD \times \eta} \quad (2)$$

$$C = \frac{24 \text{ jam} \times 0,928}{11,1 \times 0,8 \times 0,95}$$

$$C = \frac{22,272}{8,436}$$

$$C = 2,6 \text{ Ah}$$

Sehingga untuk kebutuhan beban selama 24 jam dengan DoD 80%, di butuhkan baterai sebesar 2,6 Ah atau 2600 mAh

4.3 Menghitung Daya Dan Jumlah Modul Surya

Daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS tidak dapat sepenuhnya digunakan. Karena dalam proses transmisi dari panel surya hingga mencapai beban akhir, sekitar 24% energi listrik dapat hilang. Oleh karena itu, diperlukan penambahan energi sebesar 24% dari total daya yang digunakan. Efektivitas sinar foton yang diterima oleh panel surya hanya sekitar 4,76 jam setiap harinya, Untuk menghitung daya modul dapat dihitung dengan persamaan 3 berikut.

$$Daya\ modul = \frac{penambahan\ energi \times\ kebutuhan\ energi\ (kwh)}{radiasi\ harian \times\ intensitas\ panel\ surya \times\ rugi\ sistem} \quad (3)$$

$$Daya\ modul = \frac{24\% \times 0,01113\ kWh}{4,76\ kwh/m^2 \times 1\ kW/m^2 \times 0,7}$$

$$Daya\ modul = \frac{0,0026712}{3,332} = 0,000801 \approx 10\ Wp$$

Sehingga kebutuhan daya modul untuk kebutuhan beban sebesar 11,13 Wh adalah 10 Wp

Untuk menentukan jumlah modul yang dibutuhkan untuk mendukung sistem, waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengisi ulang baterai tanpa beban adalah dua jam, banyaknya modul yang digunakan untuk kebutuhan beban sebesar 11,13 Wh perhari dengan otonomi baterai 1 hari (Kemampuan mensuplai beban tanpa ada cahaya matahari), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4 berikut:

$$jumlah\ modul = \frac{t_{total} \times t_{otonomi}}{E_{modul} \times t_{regenerasi}} \quad (4)$$

$$jumlah\ modul = \frac{11,13 \times 24\ jam}{95,2 \times 2\ jam}$$

$$jumlah\ modul = \frac{267,13}{290,4}$$

$$jumlah\ modul = 0,918 \approx 1\ buah\ modul$$

sehingga jumlah modul yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan beban sebesar 11,13 dalam 1 hari (24 jam) cukup dengan 1 buah modul dengan kapasitas 20 Wp.

4.4 Pengujian Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan sistem kerja alat secara keseluruhan. Pengujian ini terbagi menjadi 3 pengujian, antara lain sebagai berikut.

1. pengujian sensor *ultrasonic* HCSR04. Pengujian dilakukan pada dua kondisi air, yaitu saat air pasang dan saat air surut, dengan variasi

jarak alat terhadap daratan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi keakuratan sensor *ultrasonic* dalam mengukur ketinggian air. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian Sensor *Ultrasonic* HCSR04.

No	Jarak (m)	Air Pasang	Air Surut
1	50 meter	3	1
2	50 meter	14	0
3	50 meter	20	4
4	50 meter	14	-8
5	50 meter	21	6
6	50 meter	38	10

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada tabel 2, dengan jarak penempatan *prototype* 50 meter dari daratan menunjukkan bahwa nilai ketinggian pada air pasang memiliki perbedaan dengan nilai ketinggian pada saat air surut, hal itu dikarenakan sensor *ultrasonic* lambat dalam merespon ketika air dalam keadaan surut.

2. Pengujian dan analisis sensor getar
Modul sensor yang digunakan adalah tipe SW-420 yang beroperasi dalam konfigurasi normalnya rendah. Ini berarti modul menghasilkan sinyal rendah pada awalnya ketika dinyalakan, menunjukkan tidak adanya deteksi. Modul ini akan beralih ke sinyal tinggi saat mendeteksi kondisi abnormal. Saat diuji, modul sensor getaran SW-420 dikonfigurasi untuk beralih ke sinyal tinggi saat mendeteksi getaran kuat yang menunjukkan potensi gempa bumi dan tsunami. Sebaliknya, jika tidak ada getaran yang signifikan atau potensi gempa yang dapat menyebabkan tsunami, modul sensor tetap dalam keadaan defaultnya dengan menghasilkan sinyal rendah, seperti yang terlihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Pengujian Sensor Getar

No	Pengujian Getaran	Modul Sensor Getar (Low/High)	Tegangan (VDC)
1	Tidak Diberikan Getaran	Low	0,25
2	Diberikan Getaran	High	3,28

Hasil uji pada tabel 3, dengan jarak penempatan *prototype* 50 meter dari daratan menunjukkan bahwa nilai ketinggian pada air pasang memiliki perbedaan dengan nilai ketinggian pada saat air surut, hal itu dikarenakan sensor *ultrasonic* lambat dalam merespon ketika air dalam keadaan surut.

3. Pengujian dan analisis speed sensor infrared LM393

Pengukuran kecepatan arus gelombang laut menggunakan sensor kecepatan *infrared* LM393. Pengujian dilakukan dengan menghitung jumlah putaran pada celah *disk encoder* yang terdeteksi oleh sensor kecepatan *infrared* LM 393, Putaran yang terbaca oleh sensor kecepatan *infrared* LM 393 yaitu dalam satuan RPM (Rotasi Per Menit) yang kemudian di konversi ke satuan m/s (Meter Per Detik), yang sudah di program pada Arduino IDE. Program tersebut adalah sebagai berikut:

```
void rpmBaca() {
  if (millis() - millisBefore > 1000) {
    rpm = (holes / 4.0) * 60;
    v = 2 * 3.14 * 0.0235 * rpm / 60;
    holes = 0;
    millisBefore = millis();
  }
}
```

Program diatas adalah cara untuk mengonversi dari rpm ke m/s untuk kecepatan arus air laut. Hasilnya tersedia di tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Infrared LM393

No	Jam	Objek Yang Diukur	(RPM)	Kecepatan (m/s)
1	13.00	Kecepatan Air Saat Pasang	2,745	6,8
2	13.05		2,325	5,9
3	13.10		2,070	5,1
4	13.15		2,670	6,6
5	13.20		2,310	5,7
6	13.25	Kecepatan Air Saat Surut	2,340	5,8
7	13.30		1,995	4,9
8	13.35		2,145	5,3
9	13.40		2,295	5,6
10	13.45		2,205	5,4

Untuk mengonversi nilai RPM ke m/s seperti pada tabel 4, perhitungannya dapat menggunakan persamaan 5 berikut:

$$V = 2 \times \pi \times R \times \frac{w}{60} \quad (5)$$

$$V = \frac{2 \times 3.14 \times 0.0235 \times 2,745}{60}$$

$$V = \frac{2 \times 3.14 \times 64,5075}{60}$$

$$V = \frac{405,1071}{60} = 6,8 \text{ m/s}$$

Hasil pengujian pada tabel 4.4 yang dilakukan antara pukul 13.00 dan 13.45 dimana sensor *infrared* dapat mengukur kecepatan putaran,

semakin cepat dorongan arus air laut yang terkena kincir maka piringan pun akan semakin cepat berputar, sehingga menghasilkan gerakan putaran (RPM) yang selanjutnya akan di konversi mejadi satuan kecepatan yaitu (m/s), akan tetapi hasil kecepatan air pada saat pasang memiliki angka tertinggi yaitu sebesar 6,8 m/s dan kecepatan air pada saat surut yaitu sebesar 5,8 m/s, hal itu dikarenakan karena putaran dorongan air pada saat pasang sangat cepat dibanding pada saat air surut.

4. Waktu yang dibutuhkan untuk peringatan dini tsunami

Diasumsilkan jarak pemasangan alat yaitu sejauh 500 meter dari daratan, dan kecepatan arus air laut sekitar 6,8 m/s, maka waktu yang dibutuhkan untuk peringatan dini tsunami dapat menggunakan persamaan 5 berikut:

$$t = \frac{d}{v} \quad (6)$$

$$t = \frac{500}{6,8}$$

$$t = 73 \text{ menit atau 1 jam 13 menit}$$

Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk peringatan dini tsunami adalah 73 menit atau 1 jam 13 menit.

V. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada Bab IV, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran daya maksimum panel surya menunjukkan peningkatan secara signifikan. Pada hari pertama, panel surya menghasilkan daya sebesar 17,7 *Watt*, yang meningkat menjadi 20,0 *Watt* pada hari kedua, dan mencapai 18,9 *Watt* pada hari ketiga. Peningkatan ini sejalan dengan peningkatan tegangan (V) dan arus (I) yang dihasilkan oleh panel surya, yang berarti bahwa semakin tinggi tegangan dan arusnya, semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh panel surya tersebut.
2. Untuk menyalakan beban selama 12 jam di malam hari dengan total beban 11,13 Wh dibutuhkan baterai sebesar 1 Ah atau 1000 mAh, untuk mempertimbangkan otonomi selama 1 hari dengan tingkat DoD sebesar 80%. diperlukan baterai dengan kapasitas sekitar 2,6 Ah.
3. Jumlah daya modul surya untuk memberikan daya sebesar 11,13 Wh dengan otonomi baterai 1 hari, maka dibutuhkan

- daya modul surya sebesar $0,000801 \approx 10 Wp$, dan jumlah modul yang dibutuhkan yaitu sebanyak 1 buah modul surya.
4. Hasil pembacaan sensor *ultrasonic* menunjukkan variasi pembacaan yang signifikan pada berbagai jarak, dengan ketidakakuratan yang lebih besar pada saat air pasang dibandingkan air surut. Sensor lebih konsisten dan akurat dalam membaca ketinggian air saat air surut.
 5. Hasil pembacaan sensor *infrared* menunjukkan untuk kecepatan arus air saat pasang hasilnya lebih besar dibandingkan dengan kondisi air saat surut, pada saat pasang yaitu sebesar 6,8 m/s dan kecepatan air pada saat surut yaitu sebesar 5,8 m/s, hal itu dikarenakan karena putaran dorongan air pada saat pasang sangat cepat dibanding pada saat air surut, semakin cepat arus air laut yang mengalir maka hasil pembacaan nilai sensor *infrared* semakin tinggi.
 6. Sensor getar SW 420 menunjukkan ketika tidak ada getaran maka nilai outputnya adalah *low* atau 0 dengan tegangan 3,28. Sedangkan pada saat sensor getar dikasih getaran maka nilai outputnya adalah *high* atau 1.
 7. Waktu evakuasi saat terjadi tsunami sekitar 73 menit atau 1 jam 13 menit dengan alat yang ditempatkan 500 meter dari daratan. Durasi peringatan dini tsunami bergantung pada jarak penempatan alat dan kecepatan arus laut.

5.2 Saran

Setelah melakukan uji coba, terdapat beberapa saran bagi peneliti berikutnya, yang mencakup hal-hal sebagai berikut

1. Dapat menggunakan *prototype* secara *hybrid* baik menggunakan energi listrik dengan memanfaatkan PLT Angin maupun energi listrik dari PLN, dikarenakan suatu kelemahan pada musim penghujan, Sehingga, panel surya yang dipasang tidak dapat menyerap energi dari sinar matahari dengan efisien, sehingga mengurangi potensi penghasilan energi listrik yang optimal.
2. Membutuhkan koneksi yang akurat untuk pemasangan alat pada jarak yang cukup jauh.
3. Informasi peringatan dini tsunami perlu disebar luaskan melalui sosial media, seperti tweeter dan lain lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Faddillah dan I. Sugiyarto, mengembangkan prototipe sistem peringatan dini tsunami menggunakan sensor deteksi tinggi permukaan air laut. *Jurnal Teknik Informatika STMIK Antar Bangsa*, Vol. IV, No. 1, 2018, doi: [10.51998/jti.v4i1.181](https://doi.org/10.51998/jti.v4i1.181). D. A. Ariyanto dan rekan-rekan, merancang sistem monitoring ketinggian air laut di Pantai Randusanga berbasis Internet of Things. *Jurnal Dinda Ayu Ariyanto*, Vol. 4, No. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.30871/aseect.v4i1.6059>.
- [2] B. Rudiyanto, R. E. Rachmanita, dan A. Budiprasojo, membahas dasar-dasar pemasangan panel surya dalam buku mereka, diterbitkan oleh UNISMA Press, 2023.
- [3] R. Saputra dan B. Yulianti, mengembangkan alat pendeteksi orisinalitas baterai tipe 18650 berbasis Arduino Nano. *Jurnal Teknologi Industri*, Vol. 10, No. 1, 2021, doi: <https://doi.org/1035968/jti.v10i1.776>.
- [4] I. R. Muttaqin dan D. B. Santoso, menciptakan prototipe pagar otomatis berbasis Arduino Uno dengan sensor ultrasonic HC-SR04. *Jurnal Teknik Unsila*, Vol. 6, No. 2, 2021, doi: <https://doi.org/10.30736/je-unisla.v6i2.695>.
- [5] Dr. S. Kocer, Dr. O. Dundar, dan R. Butuner, menulis tentang kartu mikrokontroler pintar yang dapat diprogram, diterbitkan oleh ISRES Publishing, Konya-Turki, 2021.
- [6] F. Daus dan U. Kalsum, mengembangkan sistem keamanan sepeda motor berbasis Android, Politeknik Negeri, 2021.
- [7] H. T. Permana, N. Soeharto, dan A. W. Purwandi, merancang sistem pendeteksi dan monitoring ruang tahanan menggunakan sensor getaran SW-420 dengan komunikasi LAN. *Jurnal JARTEL*, Vol. 9, No. 4, pp: 19-24, 2019, doi: <https://doi.org/10.33795/jartel.v9i4.142>
- [8] M. R. Fauzan, membangun miniatur sistem penjemur pakaian otomatis berbasis mikrokontroler ATmega 328

- yang terintegrasi dengan Internet of Things, Universitas Pakuan, 2019.
- [9] H. Suryantoro dan A. Budiyanto, menciptakan prototipe sistem monitoring level air berbasis LabVIEW dan Arduino sebagai sarana pendukung praktikum instrumentasi sistem kendali. *Journal of Laboratory*, Vol. 1, No. 3, 2019, pp: 20-32.
- [10] F. Daus dan U. Kalsum, mengembangkan sistem keamanan sepeda motor berbasis Android, Politeknik Negeri, 2021.
- [11] A. C. Syawaluddin, merancang sistem absensi online menggunakan NFC berbasis IoT di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO*, Vol. 6, No. 2, 2019.
- [12] F. Susanto, N. K. Prisiani, dan P. Darmawan, mengimplementasikan Internet of Things dalam kehidupan sehari-hari. *Jurnal IMAGINE*, Vol. 2, No. 1, pp: 35-40, 2022, doi: <https://doi.org/10.35886/imagen.v2i1.329>.
- [13] F. Susanto, N. K. Prisiani, dan P. Darmawan, mengimplementasikan Internet of Things dalam kehidupan sehari-hari. *Jurnal IMAGINE*, Vol. 2, No. 1, pp: 35-40, 2022, doi: <https://doi.org/10.35886/imagen.v2i1.329>.
- [14] G. Alpaningsih, T. W. O. Putri, dan P. Maharani, merancang sistem monitoring pada pemilah sampah otomatis berbasis Internet of Things menggunakan aplikasi Blynk. *Jurnal Ilmiah*, Vol. 15, No. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.33322/energi.v15i1.1942>.

BIODATA PENULIS

- [1] **Aris Fragina, S.T.** Alumni (2024) Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, arisfragina123@gmail.com
- [2] **Prof. Dr. rer. pol. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc., IPU., ASEAN. Eng.** Staf Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan
- [3] **Agustini Rodiah Machdi, S.T., M.T.** Staf Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan