

# Pengembangan Sistem *Monitoring* Pasang Surut Air Laut Untuk Perancangan Pengembangan Sebuah Pelabuhan

Muhammad Ifti Suwarso<sup>1</sup>, Ibrahim Nawawi<sup>2</sup>, Johan Pamungkas<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia  
email: iftimuhamad@gmail.com<sup>1</sup>, Ibrahim\_nw@untidar.ac.id<sup>2</sup>, Johan@untidar.ac.id<sup>3</sup>

\*Penulis Korespondensi: E-mail: iftimuhamad@gmail.com

**Abstrak:** Pasang surut air laut, yang merupakan naik turun periodik permukaan laut, memiliki hubungan yang erat dengan pengembangan sebuah pelabuhan. Hubungan ini memengaruhi beberapa aspek dalam perencanaan, konstruksi, dan operasional pelabuhan. Pengembangan pelabuhan memerlukan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik pasang surut di wilayah tersebut dan bagaimana hal itu dapat memengaruhi operasional serta infrastruktur pelabuhan yang direncanakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *monitoring* pasang surut air laut di pelabuhan menggunakan *mikrokontroler* ESP32 *Cam* yang memiliki kamera agar dapat *memonitoring* dengan jarak jauh sepenuhnya dan sensor *ultrasonic* HC-SR04 untuk mengukur elevasi permukaan air laut. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi *real-time* tentang tinggi air laut dan memfasilitasi pengembangan pelabuhan. Selain itu, penelitian ini juga menerapkan metode *Quality of service (QoS)* untuk menguji dan memastikan kualitas konektivitas dalam pengiriman data dari sensor ke *device* pengguna. Dalam pengujian menggunakan metode *QoS*, parameter seperti *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* akan dievaluasi. Data hasil pengukuran *QoS* akan dianalisis untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan informasi dengan akurasi dan keterandalan yang tinggi dalam kondisi berbagai skenario. Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem pengukuran pasang surut air laut dengan rentang 0-300 cm yang hasilnya ditampilkan pada *thingspeak* dengan kamera pada ESP32 *Cam* yang berguna untuk *memonitoring* perubahan kondisi lingkungan selama pemantauan pasang surut yang terkoneksi secara LAN. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi *monitoring* pasang surut air laut yang handal dan efisien untuk keperluan pengelolaan pelabuhan. Selain itu, penerapan metode *QoS* diharapkan dapat meningkatkan performa koneksi dan keandalan sistem, memastikan bahwa informasi yang diterima oleh pengguna memiliki kualitas yang optimal.

**Kata Kunci:** *Internet of Things*; Pasang Surut; *QoS*; *Ultrasonic*

**Abstract:** Tidal fluctuations, characterized by the periodic rise and fall of the sea surface, have a close relationship with the development of a port. This relationship affects various aspects of port planning, construction, and operations. The development of a port requires a profound understanding of the tidal characteristics in the region and how they can impact both the operational and planned infrastructure of the port. This research aims to design and implement a tidal monitoring system in a port using the ESP32 Cam microcontroller, equipped with a camera for remote monitoring, and the HC-SR04 ultrasonic sensor to measure the elevation of the sea surface. The system is designed to provide real-time information on sea level, facilitating port development. Additionally, the research employs the Quality of service (QoS) method to test and ensure the connectivity quality in the data transmission from the sensor to the user's device. In the QoS testing, parameters such as delay, jitter, throughput, and packet loss will be evaluated. The data from QoS measurements will be analyzed to ensure that the system can deliver information with high accuracy and reliability under various scenarios. This research results in a tidal measurement system with a range of 0-300 cm, displaying data on ThingSpeak, including camera footage from the ESP32 Cam, which is useful for monitoring environmental changes during tidal observations connected via LAN. The study is expected to contribute to the development of reliable and efficient tidal monitoring technology for port management. Furthermore, the implementation of the QoS method is anticipated to enhance the connection performance and system reliability, ensuring optimal quality of information received by users.

**Keywords:** *Internet of Things*; *QoS*; Tidal; *Ultrasonic*

## PENDAHULUAN

Pasang surut air laut adalah fenomena alam yang biasa terjadi di pantai. Fenomena ini terjadi karena gaya tarik benda angkasa, terutama dari bulan dan matahari. Pasang surut adalah hasil dari kombinasi gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Meskipun ukuran bulan lebih kecil daripada matahari, gaya gravitasi bulan dua kali lebih besar karena jaraknya yang lebih dekat dengan bumi, yang menghasilkan lebih besar [1].

Pengetahuan tentang pasang surut air laut sangat penting dalam bernavigasi, hidrografi, dan perencanaan pembangunan di wilayah pesisir. Analisis data pasang surut sangat bermanfaat untuk pembangunan pesisir, terutama dalam perencanaan pembangunan pelabuhan. Informasi mengenai posisi tinggi dan terendah permukaan air laut saat pasang dan surut digunakan dalam menentukan posisi pemecah gelombang dan kedalaman alur pelabuhan. Ketinggian permukaan air laut selalu berubah berdasarkan kondisi

pasang surut dan data ini penting sebagai panduan dalam perencanaan pelabuhan [2].

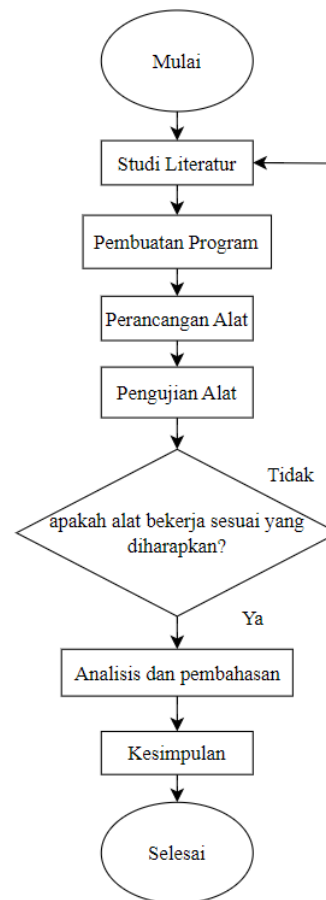
Dalam merencanakan pengembangan Pelabuhan Satui, Kalimantan Selatan, data pasang surut air laut digunakan untuk memahami ramalan elevasi terendah dan tertinggi. Informasi ini cukup penting untuk meramalkan kedalaman alur pelayaran, menentukan lokasi pemecah gelombang, dan penempatan dermaga. Fenomena pasang surut yang berkelanjutan dapat menyebabkan pendangkalan akibat dari sedimentasi material yang dibawa oleh pasang surut ke kolam pelabuhan. Aktivitas pelabuhan dapat berjalan lancar ketika tinggi permukaan air laut dengan rata-rata 1,8 meter. Namun jika pasang surut terjadi ekstrem dapat menghambat kegiatan di pelabuhan, seperti bongkar muatan di pelabuhan [3].

Studi yang berkaitan dengan desain Pelabuhan Penumpang Wisata di Labuhan Lalang bertujuan untuk menyediakan fasilitas terminal laut yang mencakup dermaga, tempat sandar kapal, dan area bongkar muat barang [4]. Perencanaan pembangunan pelabuhan tersebut tentunya membutuhkan data pasang surut untuk menentukan lokasi dermaga, seperti yang dicantumkan pada Peraturan Menteri Pariwisata Nomor 5 Tahun 2019 yang menjadikan pasang surut air laut sebagai kriteria kondisi alam dalam perancangan pelabuhan.

Umumnya, perhitungan pasang surut air laut dilakukan secara manual dengan menggunakan palem atau palem ukur dalam memantau elevasi air terbaru yang tentunya memerlukan pengawasan. Alat ini terdiri dari balok dengan angka sebagai penunjuk elevasi muka air yang mana perlu diganti setiap 3-5 tahun karena paparan air laut yang terus-menerus [5]. Berdasarkan permasalahan ini, penulis bermaksud untuk merancang sistem *monitoring* pasang surut berbasis IoT. IoT merupakan konsep yang mengaitkan seluruh perangkat ke internet, memungkinkan mereka berkomunikasi melalui jaringan. Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang untuk mengembangkan aplikasi atau layanan yang memiliki manfaat signifikan [6]. Penggunaan IoT ditujukan untuk memantau pasang surut air laut yang bersifat *real-time* yang dapat membantu dalam perencanaan pelabuhan seperti pada Peraturan Menteri Pariwisata Nomor 5 Tahun 2019 yang menjadikan pasang surut sebagai kriteria perencanaan sebuah pelabuhan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Robotika jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar, Magelang sebagai tempat perancangan sistem yang akan dibuat. Untuk pengambilan data pasang surut air laut, dilakukan di Pelabuhan Sunda kelapa Jakarta Utara. Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

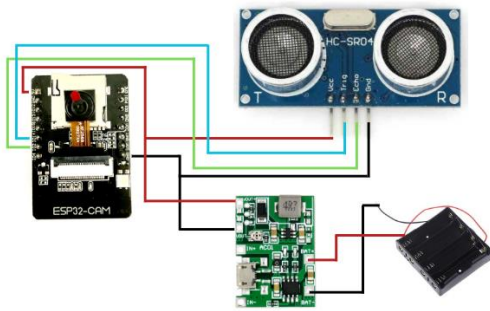


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur untuk memperkuat teori dari sistem yang akan dirancang dengan berbagi sumber informasi seperti buku, jurnal, dan makalah mengenai penelitian yang akan dilakukan.

Setelah melakukan studi literatur, dilakukan pembuatan program untuk membangun sebuah sistem deteksi pasang surut air laut berbasis IoT. Kegiatan ini meliputi kegiatan mengalibrasi sensor, untuk mengetahui seberapa akurat sensor yang digunakan dengan program pengukuran sensor secara sederhana dengan membandingkannya menggunakan alat ukur konvensional.

Setelah melakukan kalibrasi sensor, tahap selanjutnya yaitu melakukan perancangan alat. Tahap ini menyatukan semua komponen yang sudah diperoleh menjadi sebuah sistem. Program yang sudah dirancang dapat dimasukkan ke *microcontroller*. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ESP32 Cam untuk pemrosesan hasil pembacaan sensor. ESP32 Cam adalah *microcontroller* yang sudah dilengkapi kamera dengan jenis OV2640 dan dapat diprogram menggunakan aplikasi Arduino IDE [7]. Sensor *Ultrasonic* HC-SR04 untuk membaca ketinggian pasang surut air laut, dan modul *charger* digunakan untuk pengisian daya baterai dari sistem. Skenario rangkaian sistem akan ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Sistem

Rumus dalam menghitung jarak yang diterapkan oleh sensor *ultrasonic* yaitu:

$$\text{jarak (cm)} = \frac{\text{Durasi} \times \text{Kecepatan suara} \left(\frac{\text{cm}}{\mu\text{s}}\right)}{2} \quad (1)$$

Dengan kecepatan suara yaitu 340 m/s dan dikonversikan menjadi 0,034 cm/μs [8]

Tahapan berikutnya yaitu pengujian alat. Pengujian ini dilakukan pada dua tahap, yang pertama pada skala laboratorium dan berikutnya pada skala lapangan. Pengujian pada skala laboratorium dilakukan untuk mengetahui respons yang dihasilkan oleh sistem saat setelah perancangan dilakukan, pengujian koneksi dari sistem yang sudah dibuat, serta untuk mengetahui *error* yang dihasilkan oleh sistem. Pengujian skala lapangan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan baik dan juga untuk memperoleh data pasang surut air laut. Jika pengujian pada lapangan terjadi *error* atau tidak sesuai ekspektasi, maka dilakukan pengulangan pada tahap studi literatur untuk mencari solusi dari permasalahan.

Pengujian koneksi dilakukan dengan menggunakan parameter *Quality of service* yang terdiri dari *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. QoS pada sebuah jaringan mengarah kepada keandalan dan tingkat kecepatan dalam penyampaian data dari sebuah komunikasi [9]. Pengujian koneksi dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan antara *base station* dengan sistem yang dibuat. Pengukuran dengan menggunakan metode QoS pada layanan *internet* Indihome sudah cukup stabil. Namun hasil pengujian QoS bisa saja buruk, yang disebabkan oleh gangguan (*noise*) dan jumlah pengguna yang banyak [10]. Adapun rumus untuk menentukan *throughput*, *packet loss*, *jitter*, dan *delay* yaitu:

#### Throughput

*Throughput* adalah total dari paket yang datang selama waktu tertentu. Di dalam praktikum ini akan dilakukan pengukuran *Throughput* untuk mengetahui kecepatan dari transfer data yang efektif melalui jumlah paket yang datang selama waktu tertentu.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah paket data}}{\text{Lamanya pengamatan}} \quad (1)$$

#### Packet loss

*Packet Loss* merupakan keadaan hilangnya data saat pengiriman berlangsung, sehingga data tidak dapat diterima seutuhnya. Pengujian *Packet Loss*

dilakukan selama pembacaan sensor yang mengirim ke web server *thinkspeak* dan berjalannya *live stream*.

$$\text{Packet Loss} = \frac{(\text{data dikirim} - \text{data diterima}) \times 100\%}{\text{Paket data yang dikirim}} \quad (2)$$

#### Delay

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan dalam pengiriman paket data dari pengirim dan penerima. Faktor yang mempengaruhi *Delay* yaitu jarak, media fisik, dan waktu prosesnya yang apabila *delay* menghasilkan nilai yang tinggi, maka akan mempengaruhi terjadinya pengiriman data.

$$\text{Delay rata-rata} = \frac{\text{total delay}}{\text{total paket yang diterima}} \quad (3)$$

#### Jitter

*Jitter* adalah variasi dari waktu tibanya paket data. Besarnya nilai *Jitter* ditentukan oleh beban trafik dan tumbukkan antar paket.

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \quad (4)$$

Perbedaan antara *delay* dengan *jitter*, yaitu *delay* merujuk pada penundaan dalam pengiriman data ke tujuan jaringan yang ditentukan, sementara *jitter* mengacu pada fluktuasi atau variasi dalam penundaan tersebut.

Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi pengujian yang terdiri dari kondisi LOS dan NLOS. *Line of sight* dan *non-line of sight* merupakan istilah yang biasa digunakan dalam komunikasi Wireless yang menjelaskan kondisi transmisi penerima dan pengirim. *Line of sight* adalah kondisi saat komunikasi antara pengirim dan penerima dengan jarak jangkauan pandangan mata yang tidak terdapat halangan apa pun [11]. *Non-line of sight* berlawanan dengan *line of sight*. Kondisi ini terjadi saat sinyal yang dikirimkan oleh pengirim, tidak langsung diterima oleh penerima [12]. Selain pengujian menggunakan LOS dan NLOS, pengujian dilakukan dengan memvariasikan waktu, memvariasikan ukuran data, memvariasikan jarak, dan pengujian komunikasi secara 5 kali untuk mengetahui perubahan yang terjadi.

Saat pengambilan data sudah dilakukan, maka data yang sudah diperoleh akan diolah dan dianalisis hasilnya pengukurannya untuk membuktikan alat yang sudah dirancang dapat bekerja dengan optimal. Analisis hasil pengukuran sistem dilakukan dengan membandingkan hasil ukur sistem dengan palem dengan perhitungannya pada persamaan berikut ini:

$$E = \left| \frac{Np(\text{cm}) - Ns(\text{cm})}{Np(\text{cm})} \right| \times 100\% \quad (5)$$

*E* merupakan nilai *error* dengan satuan persen (%), *Ns* adalah nilai pengukuran dari sistem dengan satuan (cm), *Np* adalah nilai pengukuran oleh palem dengan satuan (cm).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan penelitian ini menggunakan dua tahap pengujian, yang terdiri dari pengujian koneksi dan pengujian sistem. Pengujian koneksi bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang sudah dirancang dan pengujian sistem ditujukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja secara optimal atau tidak.

### Pengujian Koneksi

Pengujian koneksi dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan MIFI sebagai *base station* pada sistem yang sudah di rancang. Pengujian ini dibagi menjadi empat skenario pengujian berdasarkan perbandingan media *base station* dengan kondisi LOS dan NLOS, berdasarkan 5 kali pengujian dengan waktu yang sama, pengujian dalam kondisi *upload* dan *download*, dan pengujian berdasarkan jarak. Seluruh pengujian akan ditampilkan pada tabel di bawah ini

Penelitian ini menggunakan MIFI Pro Link PRT7011L dengan frekuensi 2400MHz (2.4GHz) dan protokol jaringan Wireless IEEE802.11b/g/n. MIFI ini memiliki *backward compatibility*, memungkinkannya terhubung dengan standar jaringan lebih lama seperti 802.11b atau 802.11g. Sebagai pembandingan, penelitian ini menggunakan jaringan WIFI dengan merk router ZTE dengan tipe ZXHN F670L yang menggunakan pro fider Indihome dengan protokol jaringan *wireless* IEEE802.11b/g/n dengan operasi frekuensi 2.4 GHz

Pengujian *Non-Line-of-Sight* (NLOS) dilakukan untuk dibandingkan dengan kondisi *Line-of-Sight* (LOS) pada saat menguji *Quality of service* (QoS) menggunakan WIFI dan MIFI sebagai *base station*. Pengujian ini dilakukan di luar ruangan, dengan *base station* berada di dalam ruangan. Jarak dari *base station* ke *receiver* (laptop) adalah 3 meter, dan jarak dari *base station* ke *node* sensor adalah 4 meter. Sebagai simulasi NLOS, digunakan penghalang (ruangan) untuk mengevaluasi dampaknya terhadap transmisi sinyal. Hasilnya akan ditampilkan pada Tabel 1 sampai 4.

Tabel 1. Pengujian WIFI NLOS

Paket loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
0%	50,6	48,19	139	99269
0%	32,14	32,1	250	237295
0%	31,55	30,57	208	249739
0%	43,84	31,87	252	373369
0%	23,38	23,26	344	567002

Tabel 2. Pengujian MIFI NLOS

Paket loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
0%	69,44	69,81	65	42867
0%	48,3	52,13	90	86751

Paket loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
0%	27,66	27,61	197	223482
0%	23,7	23,74	241	345102
0%	48,81	48,92	150	256180

Tabel 3. Pengujian WIFI LOS

Paket loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
0%	11,47	18,493	326	236037
0%	14,16	14,149	410	375636
0%	17,16	17,143	329	408080
0%	17,4	17,423	333	490769
0%	18,92	18,919	318	553182

Tabel 4. Pengujian MIFI LOS

Paket loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
0%	12,54	12,58	744	504395
0%	6,536	6,716	1428	1339934
0%	8,361	8,542	1097	1306608
0%	6,242	6,245	1466	2043803
0%	9,553	9,552	1015	1742022

Pengujian dilakukan berulang kali untuk memantau perubahan dari waktu ke waktu dan mengidentifikasi perubahan yang signifikan. Dilakukan pengujian kondisi *Download* dan *Upload* selama 5 kali untuk menilai perbedaan antar pengujian berdasarkan metode QoS dalam interval waktu 5 detik. *Delay* yang tinggi menyebabkan *latency*, yang dapat memperlambat pengiriman paket dan mengurangi *throughput*, yang pada gilirannya mempengaruhi kecepatan *download* dan *upload*. Peningkatan *delay* akan meningkatkan waktu yang diperlukan untuk mengirim paket dari *server* ke *client*, termasuk dalam aktivitas *upload*, seperti mengubah pengaturan kualitas, *brightness*, dan resolusi *streaming* video dari ESP32 Cam ke laptop.

Tabel 5. Pengujian Berulang

n	Paket loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
1	0%	12,54	12,58	744	504395
2	0%	6,536	6,716	1428	1339934
3	0%	8,361	8,542	1097	1306608
4	0%	6,242	6,245	1466	2043803
5	0%	9,553	9,552	1015	1742022

Tabel 6. Pengujian *Upload* dan *Download*

Paket down-load	Paket up-load	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throug-hput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
37	49	59,47	60,67	118	75591
302	168	11,08	11,16	690	449800
208	379	8,651	8,656	791	502363
214	399	8,657	8,656	792	525203
170	101	20,73	21,55	342	240305

Uji koneksi berdasarkan jarak dilakukan untuk mengetahui jangkauan sistem dengan MIFI sebagai *base station* dan laptop sebagai penerima informasi streaming video dan hasil pembacaan ketinggian. Pengujian ini mencakup jarak 7 hingga 35 m. Parameter *delay* dan *jitter* menunjukkan bahwa semakin jauh jarak, semakin tinggi *delay* dan *jitter*, yang berdampak negatif pada optimalitas pengiriman paket. Parameter paket, *throughput*, dan jumlah data menunjukkan penurunan hasil, menandakan bahwa jarak mempengaruhi komunikasi pada sistem yang dikembangkan.

Tabel 7. Pengujian Berdasarkan Jarak

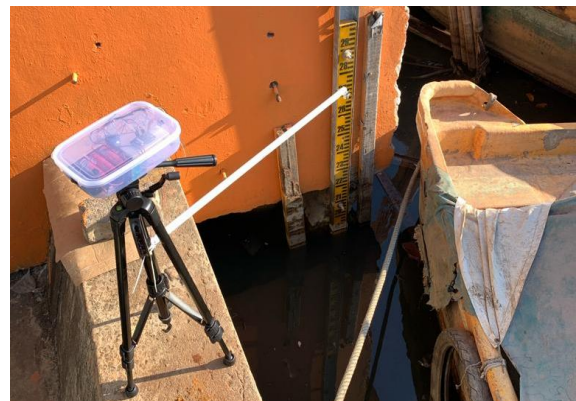
Jarak (m)	Paket loss	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throug-hput (Kb/s)	Jumlah data (bytes)
7	0	5,083	5,085	1660	1132965
14	0	15,98	16,57	1544	376076
21	0	35,8	36,08	162	111542
28	0	58,81	59,39	113	72558
35	0	143,6	199,5	24	16994

Sistem ini beroperasi secara *real-time* dan memerlukan jaringan yang stabil. Keberlanjutan interaksi sistem tanpa henti memerlukan jaringan yang dapat memberikan pembaruan informasi secara konsisten. Dalam pengukuran pasang surut air laut menggunakan *thinkspeak*, akurasi dan konsistensi sangat penting dalam pertukaran informasi. Jaringan yang tidak stabil dapat menyebabkan tidak sempurna dalam pengiriman dan penerimaan data. Pada *streaming video* oleh ESP32 *cam*, ketidakstabilan jaringan dapat menyebabkan *lag* atau mengurangi pengalaman pengguna. Koneksi jaringan yang stabil sangat diperlukan agar sistem dapat merespons cepat terhadap perubahan lingkungan atau permintaan pengguna. Pengujian kinerja koneksi menggunakan metode *Quality of Service* melibatkan *jitter*, *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. *Jitter* diuji untuk mengetahui variasi waktu kedatangan paket, yang krusial untuk menjaga waktu respons yang konsisten. Pengujian *delay* untuk mengukur waktu transmisi data, sedangkan *packet loss* mengukur jumlah paket yang terkirim, mempengaruhi keutuhan data selama komunikasi. Pengujian *throughput* menentukan jumlah data yang terkirim pada waktu tertentu, penting untuk menangani volume data besar selama *streaming*. Keseluruhan, uji *Quality of*

*Service* krusial untuk memastikan kinerja sistem yang membutuhkan respons tinggi, terutama dalam pengambilan data pasang surut untuk perencanaan pengembangan pelabuhan yang kontinu dan akurat.

**Pengujian Sistem**

Pengujian ini dilakukan untuk memahami kinerja dari alat yang telah dirancang. Pelaksanaan pengujian dilakukan di Pelabuhan Sunda Kelapa pada hari Kamis, 28 September 2023, pukul 16.00 selama 30 menit dengan cuaca cerah. Sistem ini menggunakan pengaturan waktu berdasarkan (UTC+7) WIB dan dalam pengujian ini, *router 4G* dari *provider Three* dengan kecepatan *internet 23Mbps* digunakan. Pengujian sistem dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran sistem dengan menggunakan palem untuk mengetahui seberapa akurat sistem yang telah dibuat. Dokumentasi pengujian sistem akan ditampilkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Pengujian Sistem di Lapangan

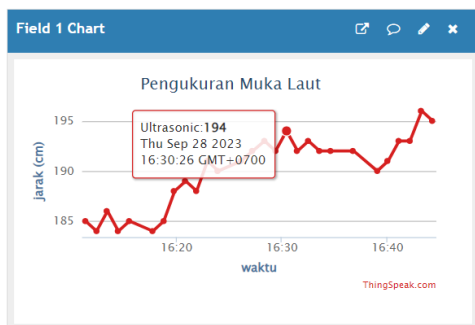


Gambar 4. Pengujian ESP32 Cam

Dalam sistem ini, peneliti dengan sengaja mengganti kamera bawaan pada ESP32 *Cam*. Tujuan dari penggunaan kamera dalam sistem ini yaitu untuk *monitoring* keadaan lingkungan sekitar selama pengukuran pasang surut air laut. Jika pengujian di lapangan, kamera ini juga berperan dalam memvalidasi penyebab naiknya permukaan air laut yang dapat disebabkan oleh faktor cuaca atau pengaruh yang disebabkan oleh benda langit. Kamera asli memiliki sudut pengambilan gambar atau *field of view* sebesar

66° dengan panjang 21mm dan kabel fleksibel yang pendek. Untuk meningkatkan kinerja, peneliti memutuskan untuk menggunakan kamera yang memiliki *field of view* sebesar 120° dengan panjang 75mm dan kabel yang lebih panjang. Keputusan untuk mengganti kamera ini diambil karena peneliti memerlukan kabel fleksibel yang lebih panjang dan *field of view* yang lebih lebar agar dapat menangkap gambar dengan cakupan yang lebih luas. Untuk mengakses *streaming*, peneliti menggunakan nomor IP 192.168.1.53. Hasil perekaman dapat disimpan pada *MicroSD* yang telah disediakan pada ESP32 *Cam*. Hasil perekaman ini dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dalam pengembangan sebuah pelabuhan.

Pengujian *thinkspeak* pada sistem ini ditujukan untuk mengetahui kinerja dari *web server thinkspeak* selama pengambilan data di lapangan. Berdasarkan pengujian, perangkat keras dapat terhubung dengan *web server thinkspeak* yang dapat menampilkan hasil pengukuran permukaan air laut dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.



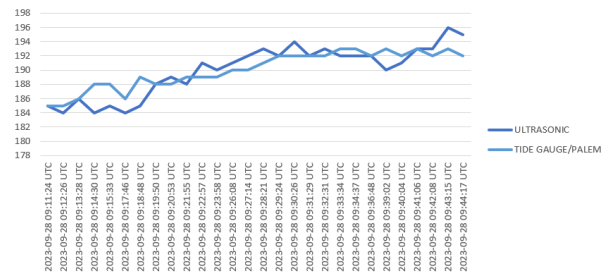
Gambar 5. Hasil Pemantauan Muka Air Menggunakan Sensor *Ultrasonic*

Untuk mengetahui tingkat *error* dan akurasi dari sistem ketika melakukan pengukuran, peneliti melakukan perbandingan menggunakan palem yang diletakkan pada dinding dermaga. Berikut pada Tabel 8. dan grafik pada Gambar 6. merupakan perbandingan antara sistem yang dibuat dengan palem.

Tabel 8. Perbandingan Sistem dengan Palembang

No	Hasil Ukur Sensor	Hasil Ukur Palembang	Selisih	Error (%)	Akurasi (%)
1.	185	185	0	0,00	100,00
2.	184	185	1	0,54	99,46
3.	186	186	0	0,00	100,00
4.	184	188	4	2,13	97,87
5.	185	188	3	1,60	98,40
6.	184	186	2	1,08	98,92
7.	185	189	4	2,12	97,88
8.	188	188	0	0,00	100,00
9.	189	188	1	0,53	99,47
10.	188	189	1	0,53	99,47
11.	191	189	2	1,06	98,94
12.	190	189	1	0,53	99,47

No	Hasil Ukur Sensor	Hasil Ukur Palembang	Selisih	Error (%)	Akurasi (%)
13.	191	190	1	0,53	99,47
14.	192	190	2	1,05	98,95
15.	193	191	2	1,05	98,95
16.	192	192	0	0,00	100,00
17.	194	192	2	1,04	98,96
18.	192	192	0	0,00	100,00
19.	193	192	1	0,52	99,48
20.	192	193	1	0,52	99,48
21.	192	193	1	0,52	99,48
22.	192	192	0	0,00	100,00
23.	190	193	3	1,55	98,45
24.	191	192	1	0,52	99,48
25.	193	193	0	0,00	100,00
26.	193	192	1	0,52	99,48
27.	196	193	3	1,55	98,45
28.	195	192	3	1,56	98,44
<b>Rata-rata error (%)</b>				<b>0,75</b>	
<b>Rata-rata akurasi (%)</b>				<b>99,25</b>	



Gambar 6. Grafik Perbandingan Sistem Dengan Palembang

Grafik pada Gambar 6. mencerminkan data pengukuran Stasiun Pasang Surut di Pelabuhan Sunda Kelapa, menampilkan 28 data permukaan air laut selama 33 menit dengan rentang pengamatan ketinggian 0 hingga 300 cm. Sistem yang telah dikembangkan memberikan hasil rata-rata *error* sebesar 0,75% dan mencapai rata-rata akurasi sebesar 99,25%. Untuk mencapai hasil pengukuran serupa dengan palem, digunakan rumus pada persamaan 2.2, yang melibatkan pengurangan hasil pembacaan sensor dari nilai 300. Hasil pembacaan sensor mengukur jarak dari dasar air ke permukaan air, dengan rata-rata elevasi *ultrasonic* sebesar 190 cm, sedangkan rata-rata elevasi *tide gauge* sebesar 190,07 cm. Sistem ini dapat membaca permukaan air dalam rentang 0 hingga 300 cm, dan memiliki potensi menjadi alat bantu dalam perencanaan pengembangan pelabuhan. Fungsi pembacaan pasang surut air laut dapat digunakan untuk pemetaan area kapal bersandar, serta nilai pasang surut air laut menjadi kriteria penting dalam pembangunan dermaga, sesuai dengan Peraturan Menteri Pariwisata Nomor 5 Tahun 2019.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian dan pengujian sistem, maka kesimpulan yang didapatkan yaitu, sistem *monitoring* pasang surut air laut untuk perancangan pengembangan sebuah pelabuhan ini dapat bekerja dengan baik dengan mengukur permukaan air laut dari 0-300 cm dengan akurasi 99,25% yang terbukti dari sensor yang dapat membaca elevasi permukaan air laut, ESP32 *Cam* yang dapat menampilkan lingkungan sekitar selama pembacaan pasang surut air laut, dan web server *thinkspeak* yang dapat menampilkan nilai elevasi pasang surut air laut yang divisualisasikan sebagai grafik secara *real-time*. Skenario terbaik agar koneksi dapat berjalan secara optimal selama pemantauan, yaitu dengan menggunakan WIFI pada kondisi LOS dengan jarak sedekat mungkin.

Adapun saran dari penelitian ini untuk penelitian berikutnya yaitu penggunaan sensor *ultrasonic* HCSR04 sebaiknya digantikan dengan sensor yang memiliki proteksi terhadap air. Saran lainnya sebaiknya fasilitas *stream* yang diberikan oleh ESP32 *Cam* dapat ditransmisikan bersama pada halaman *thinkspeak* supaya memudahkan pengguna dalam memantau pasang surut dengan sistem ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Rokhimaturrizki, Pengetahuan Tentang Lautan, Pertama ed., Surabaya: CV Media Edukasi Creative, 2022.
- [2] S. Gusty, F. E. Lopian, T. Tamim, Masyur, M. Tumpu, M. Syarif, M. Y. Rayniti, P. R. Rangan and A. Kusuma, Teknik Sipil (Sebuah Pengantar), Makassar: CV Tohar Media, 2022.
- [3] A. Sufyan, R. Akhwandy, J. Risandi and V. Y. Indrisari, "Kajian Pasang Surut dan Arus Di Muara Untuk Pengembangan Pelabuhan Satui, Kalimantan Selata," *Jurnal Kelautan*, Vol. 14, No. 3, pp. 284-290, 2021.
- [4] I. G. Y. Adyana Puspita Riana, N. I. N. Arthana and N. W. Nurwasih, "Perencanaan Dan Perancangan Pelabuhan Penumpang Wisata Di Labuhan Lalang, Desa Sumberklampok, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng," *UNDAGI: Jurnal Ilmiah Arsitektur Universitas Warmadewa*, Vol. 9, No. 12, pp. 360-370, 2021.
- [5] I. K. Missa, L. A. S. Laponi and A. Wahid, "RANCANG BANGUN ALAT PASANG SURUT AIR LAUT BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04," *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, Vol. 3, No. 2, pp. 102-105, 2018.
- [6] P. Y, I. S. S and Q. A. H. HR, "Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban Ruangan Secara Real-time Berbasis Web Server," *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, Vol. 1, No. 1, pp. 56-60, 2019.
- [7] P. R. Utami, "Analisis Perbandingan Quality of Service Jaringan Internet Berbasis Wireless Pada Layanan Internet Service Provider (ISP) Indihome dan First Media," *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, Vol. 25, No. 2, pp. 125-137, 2020.
- [8] W. T. Pratama, S. A. Wibowo and N. Vendyansyah, "Sistem Monitoring Remote Paviliun Pada Pasien Isolasi Covid Berbasis LoRa IoT," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, Vol. 6, No. 1, pp. 309-316, 2022.
- [9] P. Aristo, D. M. Saputri and B. Pramukti, "Analisis Full Width At Half Maximum dan Koordinat LED Pada Sistem Berbasis VLC di Dalam Ruang," *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 6, No. 2, pp. 3232-3239, 2019.
- [10] M. Purwahid and J. Triloka, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Untuk Mendukung Rencana Strategis Infrastruktur Jaringan Komputer Di SMK N 1 Sukadana," *JTKSI*, Vol. 2, No. 3, pp. 100-109, 2019.
- [11] R. Sahid, Saniman and Elfiriani, "Implementasi Teknik Duplex pada Hospital Delivery Assistant Robot untuk Pasien Penyakit Menular Berbasis ESP32-CAM," *Jurnal Cyber Tech*, Vol. 1, No. 4, pp. 246-255, 2021.
- [12] F. Puspasari, I. Fahrurrozi, T. P. Satya, G. Setyawan, M. R. Al-Fauzan and E. M. D. Admoko, "Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 15, No. 2, pp. 36-39, 2019.