

## Platform Monitoring Berbasis Web untuk Sistem Stabilitas dan Pelacakan Kapal Nelayan

Agus Tedyyana<sup>1</sup>, Fajar Ratnawati<sup>2</sup>, Danuri<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Bengkalis

<sup>123</sup>Jl. Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis Riau - 28711

e-mail: <sup>1</sup>agustedyyana@polbeng.ac.id, <sup>2</sup>fajar@polbeng.ac.id, <sup>3</sup>danuri@polbeng.ac.id

### Abstrak

Kegiatan penangkapan ikan di perairan Pulau Bengkalis menghadapi sejumlah masalah serius, termasuk kurangnya data selama kegiatan penangkapan dan kecelakaan kapal yang diakibatkan oleh keterlambatan informasi. Dalam menanggapi masalah ini, penelitian ini mengusulkan pengembangan "Platform Monitoring Berbasis Web untuk Sistem Stabilitas dan Pelacakan Kapal Nelayan di Pulau Bengkalis", atau disebut juga sebagai alat SMARST. Keselamatan menjadi prioritas utama. SMARST dilengkapi dengan sistem peringatan dini yang menggunakan algoritma prediktif untuk mengidentifikasi potensi bahaya, seperti kondisi cuaca buruk. Jika terjadi keadaan darurat, nelayan dapat segera menghubungi pihak berwenang melalui fasilitas komunikasi darurat yang terintegrasi. Alat ini dirancang untuk melakukan monitoring kegiatan penangkapan ikan, termasuk pengawasan keselamatan kapal saat beroperasi di laut. Implementasi dari alat SMARST diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan kegiatan penangkapan ikan di laut dan menjamin keselamatan nelayan dan kapal mereka. Inovasi ini menawarkan solusi terintegrasi untuk mendukung keberlanjutan dan efisiensi industri perikanan di Pulau Bengkalis. Alat SMARST akan mampu mengidentifikasi lokasi kapal secara real-time, memastikan keselamatan mereka dari ancaman seperti konflik dengan otoritas Malaysia dan membantu dalam mitigasi risiko kecelakaan. Sistem ini dibangun dengan menggunakan pendekatan Agile, yang memungkinkan pengembangan iteratif dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Fungsionalitas utama dari SMARST meliputi pelacakan lokasi kapal secara real-time, pemantauan kondisi kapal, dan penyediaan informasi terkini yang relevan dengan kegiatan penangkapan ikan. Dari sisi non-fungsional, sistem ini menekankan pada keandalan, kemudahan penggunaan, dan skalabilitas.

**Kata kunci:** Monitoring Berbasis Web, Stabilitas Kapal, Keselamatan Nelayan, SMARST

### Abstract

Fishing activities in the waters of Bengkalis Island face a number of serious problems, including a lack of data during fishing activities and ship accidents caused by delays in information. In response to this problem, this research proposes the development of a "Web-Based Monitoring Platform for the Stability and Tracking System for Fishing Vessels on Bengkalis Island", or also known as the SMARST tool. Safety is the top priority. SMARST is equipped with an early warning system that uses predictive algorithms to identify potential dangers, such as bad weather conditions. If an emergency occurs, fishermen can immediately contact the authorities via the integrated emergency communications facility. This tool is designed to monitor fishing activities, including monitoring the safety of ships when operating at sea. The implementation of the SMARST tool is expected to increase the success of fishing activities at sea and ensure the safety of fishermen and their vessels. This innovation offers an integrated solution to support the sustainability and efficiency of the fishing industry on Bengkalis Island. The SMARST tool will be able to identify the location of vessels in real-time, ensure their safety from threats such as

<https://doi.org/10.31849/digitalzone.v14i2.164197>

Digital Zone is licensed under a Creative Commons Attribution International (CC BY-SA 4.0)

conflicts with Malaysian authorities and assist in mitigating the risk of accidents. The system was built using an Agile approach, which allows for iterative development and is responsive to user needs. Key functionalities of SMARST include real-time tracking of vessel locations, monitoring vessel conditions, and providing the latest information relevant to fishing activities. From a non-functional perspective, this system emphasizes reliability, ease of use, and scalability.

**Keywords:** Web Based Monitoring, Ship Stability, Fisherman Safety, SMARST

## 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki lautan yang luas dengan kekayaan ikan dan lingkungan alaminya. Kekayaan ini harus dilestarikan untuk mencegah kerusakan lingkungan yang lebih lanjut, yang dapat mengakibatkan kepunahan makhluk hidup di sekitarnya. Pemerintah telah menerapkan sistem pemantauan kapal, namun penangkapan ikan ilegal masih sulit dikendalikan. Pulau Bengkalis, terletak di Provinsi Riau, Indonesia, merupakan daerah yang kaya akan sumber daya perikanan[1]. Daerah ini menyediakan lapangan pekerjaan untuk sebagian besar penduduk lokal yang bergantung pada penangkapan ikan sebagai sumber penghasilan utama mereka[1]. Meskipun memiliki potensi besar, industri perikanan di Pulau Bengkalis menghadapi berbagai tantangan signifikan yang menghambat perkembangannya dan mengancam keberlanjutan sumber daya perikanan. Kecelakaan kapal akibat keterlambatan informasi dan absennya fasilitas pemantauan real-time memperburuk kondisi keselamatan nelayan dan kapal mereka.

Sebuah kejadian serius terjadi pada awal tahun 2023, ketika kapal nelayan "Harapan Baru" bertabrakan dengan kapal kargo besar di dekat perairan Pulau Bengkalis. Kecelakaan ini terjadi pada malam hari, di mana visibilitas rendah dan kapal nelayan tidak memiliki teknologi untuk mendeteksi atau berkomunikasi dengan kapal lain dalam jarak dekat. Akibatnya, kapal "Harapan Baru" mengalami kerusakan signifikan, dan salah satu awaknya mengalami cedera serius. Investigasi setelah kejadian menunjukkan bahwa jika kapal tersebut dilengkapi dengan sistem pelacakan dan komunikasi yang lebih baik, kecelakaan tersebut bisa dihindari.

Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini mengusulkan pembangunan dan implementasi *Shipboard Marine Automatic Righting arm Stability and Tracking (SMARST)*, sebuah "Platform Monitoring Berbasis Web untuk Sistem Stabilitas dan Pelacakan Kapal Nelayan di Pulau Bengkalis". Platform ini dirancang untuk memonitor secara menyeluruh aktivitas penangkapan ikan, menjamin keselamatan kapal dan nelayan, serta memberikan informasi real-time yang akurat untuk mendukung keputusan yang berbasis pada data nyata berupa informasi kemiringan kapal dan lokasi kapal. Dengan demikian, SMARST diharapkan bisa memitigasi risiko kecelakaan, meningkatkan efisiensi operasional, dan berkontribusi pada pengelolaan sumber daya perikanan yang lebih berkelanjutan di Pulau Bengkalis.

Melalui implementasi alat SMARST, industri perikanan di Pulau Bengkalis diharapkan dapat memasuki era baru di mana kegiatan penangkapan ikan dilakukan dengan cara yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan, demi kesejahteraan nelayan dan keberlanjutan sumber daya perikanan di daerah tersebut.

Berbagai penelitian telah dilakukan mengenai penggunaan teknologi untuk memantau kapal nelayan dan menjamin keselamatannya. Namun sistem yang ada tidak memiliki fitur otomatisasi untuk mengatur stabilitas kapal, meningkatkan risiko kecelakaan terutama dalam kondisi cuaca buruk. Diantaranya Sistem pelacakan posisi kapal menggunakan *Global Positioning System (GPS)*[2], yang diaplikasikan pada ponsel dengan sistem operasi Android dan berkomunikasi dengan sistem berbasis web untuk memonitor posisi kapal[3] dan menentukan lokasinya untuk tujuan pemetaan di antarmuka web[4]. Aplikasi ini dapat menemukan koordinat dan mengirim koordinat ke server aplikasi serta dapat menampilkan posisi di peta. Penggunaan sistem pelacakan GPS[5] untuk memantau pergerakan kapal nelayan telah diterapkan di beberapa negara.

Pemantauan kapal digunakan dalam sektor perikanan komersial dan pelacakan kargo untuk memungkinkan badan regulasi lingkungan dan perikanan melacak dan memantau aktivitas mereka sistem pemantauan dan pelacakan kapal global berbasis IoT dan pengolahan

citra[6]. Aplikasi pemantauan kapal nelayan berbasis web yang memudahkan admin untuk mengetahui posisi kapal nelayan dan bisa mengirim pesan melalui SMS Gateway ke nelayan. Dengan aplikasi ini, admin dapat mendeteksi lokasi kapal nelayan dengan memanfaatkan perangkat android yang digunakan oleh nelayan dan Google Maps[7].

Sistem Pemantau Kapal Perikanan (SPKP) untuk Kapal Berukuran Dibawah 30 GT Menggunakan Pendekatan Metode Incremental Dalam upaya meningkatkan pengawasan dan manajemen sumber daya perikanan, sebuah sistem pemantauan yang canggih sangat dibutuhkan, khususnya untuk kapal-kapal dengan ukuran di bawah 30 GT yang seringkali luput dari pantauan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pendekatan metode incremental menjadi pilihan strategis dalam pengembangan Sistem Pemantau Kapal Perikanan (SPKP). Metode incremental memulai perjalanannya dengan fokus pada kebutuhan utama. Sebagai langkah awal, tim pengembang menggali informasi mendalam tentang fitur inti yang paling mendesak. Hal ini mungkin mencakup pelacakan posisi kapal secara real-time, kemampuan untuk berkomunikasi antara kapal dan pusat kontrol, serta fitur pemberitahuan darurat. Sistem sebelumnya tidak memiliki fitur peringatan dini yang memadai untuk menginformasikan nelayan tentang potensi bahaya atau kondisi berbahaya.

Metode untuk mendefinisikan daerah penangkapan ikan guna mendukung perencanaan dan pengelolaan ruang laut telah dikembangkan, diterapkan, dan dibandingkan. Metode-metode tersebut sangat dapat diterapkan dan diulang karena menggunakan data dari sistem pemantauan kapal (VMS) yang diarsipkan dan semakin mudah diakses. Untuk beberapa armada di skala regional dan nasional, ada upaya untuk menilai bagaimana pilihan kriteria dalam mendefinisikan daerah penangkapan mempengaruhi (i) ukuran, bentuk, dan lokasi, (ii) tumpang tindih antar daerah penangkapan, dan (iii) sejauh mana pola aktivitas penangkapan ikan tahunan dan multi-tahunan menggambarkan daerah yang digunakan secara musiman atau oleh kapal individu. Hasil menunjukkan bahwa daerah penangkapan yang didefinisikan dengan mengeluarkan area yang jarang ditangkap (daerah dengan <10% total aktivitas penangkapan) biasanya 50% lebih kecil dari total area yang ditangkap. Namun, bobot atau nilai tangkapan (LWV) per unit aktivitas dapat lebih tinggi di pinggir, dengan 10% aktivitas biasanya menyumbang 10-20% dari LWV. Penghapusan aktivitas penangkapan di pinggir, akibat regulasi atau perilaku armada, akan mengakibatkan pengurangan yang lebih besar dalam interaksi dengan perikanan lain, sektor lain, dan lingkungan[8].

Dengan perkembangan teknologi satelit, pemantauan kapal telah memasuki era baru. Dalam penelitian ini, melalui perbandingan dengan catatan penangkapan ikan yang lebih lengkap, kami menganalisis kinerja sistem pemantauan kapal (VMS) dan data satelit malam hari dalam memantau aktivitas penangkapan ikan dari kapal jaring besar yang utamanya menargetkan cumi-cumi terbang berpunggung ungu (*Sthenoteuthis oualaniensis*) di Laut Cina Selatan. Data logbook menunjukkan bahwa kapal yang diteliti melakukan penangkapan selama 57 hari dalam musim penangkapan selama 3 bulan, melakukan total 474 kali penangkapan dengan tangkapan sekitar 233,7 ton. Analisis kami menunjukkan bahwa hanya dengan data VMS, keadaan penangkapan sulit dibedakan dari keadaan mengambang. Namun, meskipun dipengaruhi oleh awan, satelit malam hari dapat mengidentifikasi sebagian besar (98%) operasi penangkapan yang memancarkan cahaya terang. Selain itu, tingkat tangkapan yang dicatat oleh logbook memiliki korelasi signifikan dengan jumlah lampu yang menyala saat satelit malam hari melintas, yang menyiratkan bahwa radiasi bahkan dapat digunakan sebagai pengganti jumlah tangkapan[9].

Memantau aktivitas penangkapan ikan sangat penting untuk konservasi laut tetapi menjadi tantangan dalam prakteknya, karena kemampuan dalam melacak kegiatan perikanan terbatas pada berbagai skala ruang dan waktu. Tantangan ini ada baik di negara maju maupun berkembang, dan sangat menonjol di Cina yang memiliki armada perikanan terbesar di dunia. Kemajuan Sistem Identifikasi Otomatis (AIS) memberikan kesempatan untuk meningkatkan pemantauan dan mendukung kepatuhan perikanan yang bertanggung jawab. Dalam studi ini, dinamika armada perikanan di Laut Cina diselidiki secara menyeluruh untuk pertama kalinya.

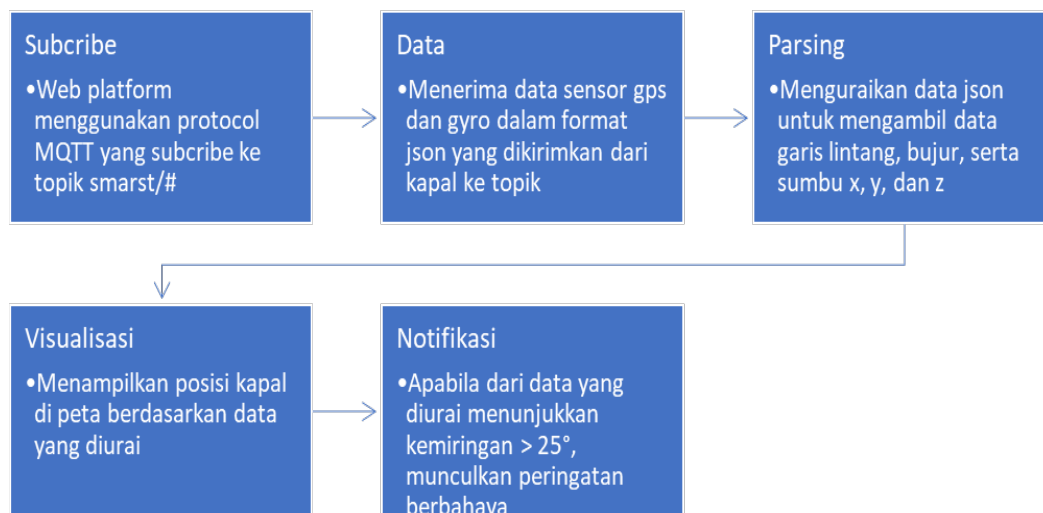
<https://doi.org/10.31849/digitalzone.v14i2.164197>

Kami menunjukkan upaya penangkapan ikan yang intensif tersebar luas di Laut Cina, tetapi sebagian besar kapal berkonsentrasi di sepanjang garis pantai. Pola temporal dari upaya penangkapan ikan didominasi oleh larangan penangkapan di musim panas, dan penangkapan intensif terjadi tepat sebelum dan sesudah larangan tersebut. Kami menekankan bahwa sebagian besar aktivitas penangkapan terjadi dalam cakupan ruang dan waktu yang sangat terbatas, khususnya kapal pukat yang hanya menangkap ikan beberapa bulan dalam setahun dan mencakup area geografis yang kecil. Selain itu, banyak upaya penangkapan ikan telah dipindahkan dari Laut Timur Cina ke area pesisir selatan Cina sebagai tanggapan terhadap perpanjangan larangan penangkapan di musim panas, yang menuntut larangan penangkapan dimulai satu bulan lebih awal sejak 2017. Kami berpendapat bahwa larangan di musim panas tidak dapat mengontrol upaya penangkapan secara efektif, tetapi hanya mengatur ulang tingkat upaya yang sama dalam ruang dan waktu[10].

SMARST dibuat untuk mengatasi masalah akurasi data dengan teknologi canggih untuk pemantauan real-time yang lebih akurat, Dirancang khusus untuk meningkatkan pengalaman pengguna bagi nelayan, memudahkan penggunaan bahkan bagi mereka yang tidak terbiasa dengan teknologi, juga menyertakan sistem peringatan dini yang komprehensif untuk meningkatkan keselamatan nelayan.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan Platform Monitoring Berbasis Web untuk Sistem Stabilitas dan Pelacakan Kapal Nelayan di Pulau Bengkalis adalah metode penelitian yang diterapkan fokus pada pengembangan dan evaluasi platform berbasis web untuk memonitor kapal nelayan di Pulau Bengkalis menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)[11] [12]melibatkan beberapa tahapan seperti Gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Tahapan Protokol *Message Queuing Telemetry Transport*

Platform web yang dibahas dalam konteks ini telah dikembangkan dengan memanfaatkan protokol MQTT, yang merupakan standar komunikasi "publish-subscribe" yang dirancang untuk komunikasi ringan dengan bandwidth rendah[13], sering digunakan dalam solusi *Internet of Things* (IoT)[14], [15]. Platform tersebut melakukan langganan atau "subscribe" ke topik dengan nama "smarst/#". Dengan berlangganan ke topik ini, platform dapat menerima data yang dipublikasikan ke topik tersebut secara real-time. Data yang diterima oleh platform ini

khususnya berasal dari sensor GPS dan gyro yang ada di kapal nelayan. Data ini dikirim dalam format JSON[16], yang merupakan format data yang sering digunakan karena kemudahannya dalam pembacaan dan penulisan baik oleh mesin maupun manusia. Setiap kali kapal mengirimkan data ke topik "smarst/#", platform akan menerima dan memproses data tersebut. Proses selanjutnya adalah "parsing", di mana platform menguraikan data JSON yang diterima untuk mengambil informasi spesifik yang diperlukan, yaitu data garis lintang (latitude) dan bujur (longitude) dari sensor GPS serta data sumbu x, y, dan z dari sensor gyro. Data garis lintang dan bujur memberikan informasi tentang posisi kapal, sedangkan data sumbu x, y, dan z memberikan informasi tentang orientasi atau posisi miring kapal. Ketika data telah diuraikan, platform kemudian memvisualisasikan informasi tersebut. Posisi kapal ditampilkan di peta berdasarkan koordinat garis lintang dan bujur yang telah diurai. Ini memungkinkan pemantauan lokasi kapal secara real-time dan membantu dalam pelacakan pergerakan kapal. Selain itu, ada fitur notifikasi yang penting. Berdasarkan data dari sensor gyro, platform dapat menentukan apakah kapal mengalami kemiringan berbahaya atau tidak. Jika kemiringan kapal melebihi  $25^{\circ}$ [8], hal ini mungkin mengindikasikan situasi yang berbahaya atau kondisi yang tidak stabil di laut[17]. Dalam situasi seperti itu, platform akan segera mengeluarkan notifikasi atau peringatan yang menyatakan bahwa kapal berada dalam kondisi berbahaya, sehingga tindakan segera dapat diambil untuk memastikan keselamatan nelayan dan kapalnya.

### 2.1. Studi Kelayakan

Sebelum melangkah lebih jauh dalam implementasi solusi teknologi, salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah kelayakan. Oleh karena itu, studi kelayakan untuk SMARST di Pulau Bengkalis telah dilakukan untuk memastikan bahwa solusi ini layak dari segi teknis, ekonomi, operasional, dan sosial.

Dalam konteks Pulau Bengkalis, pertimbangan infrastruktur menjadi krusial. Pertanyaan mengenai kemampuan jaringan internet lokal untuk mendukung akses ke sistem berbasis web menjadi sangat penting. Selain itu, evaluasi terhadap perangkat keras, terutama kapal nelayan, diperlukan. Apakah kapal-kapal tersebut sudah dilengkapi dengan sensor GPS dan gyro? Kemudian, ketersediaan sumber daya manusia yang memiliki keahlian dalam mengelola dan memelihara platform ini juga harus diperhatikan, termasuk kebutuhan pelatihan bagi nelayan. Aspek ekonomi menilai biaya total yang diperlukan untuk pengembangan dan pemeliharaan sistem. Ini mencakup biaya perangkat keras, perangkat lunak, serta pelatihan. Dari segi operasional, aspek krusial adalah kemudahan penggunaan sistem. Apakah nelayan dapat dengan mudah berinteraksi dengan sistem? Bagaimana dengan integrasi sistem ini dengan solusi lain yang mungkin sudah ada di Pulau Bengkalis? Dari perspektif sosial, penting untuk mengetahui bagaimana nelayan dan komunitas Pulau Bengkalis merespons solusi ini. Apakah ada resistensi atau keberatan dari masyarakat? Dalam jangka panjang, apakah implementasi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas hidup nelayan dan masyarakat Pulau Bengkalis secara keseluruhan?

### 2.2. Analisis Kebutuhan Sistem yang Diajukan

Sebelum mengembangkan dan menerapkan sebuah sistem, penting untuk mengidentifikasi dan memahami kebutuhan yang mendasarinya. Analisis kebutuhan memberikan pemahaman yang mendalam tentang apa yang diperlukan oleh pengguna dan bagaimana sistem yang diajukan akan memenuhi kebutuhan tersebut. Berikut ini adalah analisis kebutuhan untuk sistem SMARST di Pulau Bengkalis:

1. Sistem harus dapat menampilkan lokasi kapal nelayan di peta secara real-time, memungkinkan pengguna untuk melacak gerakan kapal dengan akurat. Ketika data dari sensor gyro menunjukkan kemiringan kapal lebih dari  $25^{\circ}$ , sistem harus mengirim notifikasi ke pengguna terkait potensi bahaya. Sistem harus dapat mengumpulkan dan menyimpan data historis dari setiap kapal, termasuk lintasan pergerakan dan data dari

sensor gyro. Antarmuka harus user-friendly, memudahkan nelayan dan stakeholder lainnya untuk mengakses dan memahami informasi yang disajikan. Kemampuan untuk menghasilkan laporan berkala mengenai aktivitas perikanan, statistik keamanan, dan metrik lain yang relevan.

2. Sistem harus stabil dan dapat diandalkan, dengan downtime yang minimal, Semua data, khususnya informasi lokasi kapal nelayan, harus disimpan dengan aman dan dilindungi dari akses yang tidak sah. Mengingat potensi pertumbuhan industri perikanan di Pulau Bengkalis, sistem harus dirancang dengan pertimbangan skalabilitas untuk mendukung peningkatan jumlah pengguna dan data di masa depan. Sistem harus dapat diakses dari berbagai perangkat, termasuk komputer desktop, tablet, dan smartphone. Kemampuan untuk terintegrasi dengan sistem atau platform lain yang mungkin sudah digunakan di Pulau Bengkalis.
3. Sebuah infrastruktur jaringan yang stabil dan cepat untuk mendukung transmisi data real-time dari kapal ke server. Server yang handal dengan kapasitas penyimpanan yang memadai untuk menyimpan data historis dan menangani permintaan dari pengguna. Sensor GPS dan gyro untuk setiap kapal nelayan yang akan dipantau oleh sistem. Perangkat lunak pendukung seperti sistem operasi, database, dan tools untuk analisis dan visualisasi data.

### 3. Hasil dan Pembahasan

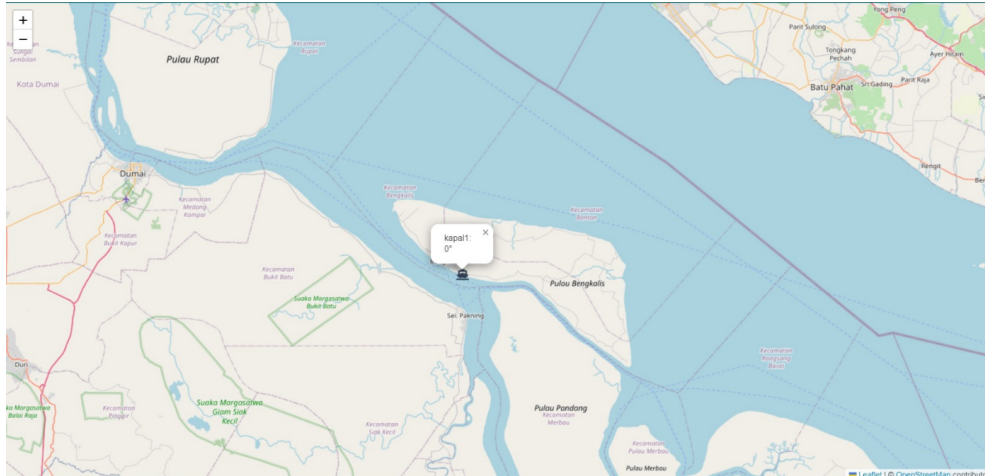
Dalam tahap analisis, kami fokus pada mengumpulkan dan memahami kebutuhan pengguna, yang utamanya adalah nelayan di Pulau Bengkalis, serta otoritas perikanan dan pengawas keselamatan. Kami melakukan serangkaian survei dan wawancara untuk memahami tantangan yang mereka hadapi dalam kegiatan penangkapan ikan. Dari sini, kami mengembangkan Use Case Diagram yang menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem SMARST, menyoroti fungsi utama seperti pelacakan kapal dan penerimaan peringatan cuaca. Activity Diagram kami mendemonstrasikan alur proses dari sistem, seperti bagaimana data cuaca diintegrasikan ke dalam keputusan sehari-hari nelayan. Selanjutnya, Class Diagram kami memberikan pandangan tentang struktur data dan hubungan antar objek dalam sistem, menentukan bagaimana informasi disimpan dan diakses.

Dalam fase desain, prioritas kami adalah menciptakan pengalaman pengguna yang intuitif dan mudah diakses. Kami mengembangkan prototipe UX/UI dengan tampilan sederhana namun efektif, memastikan bahwa nelayan dengan berbagai tingkat literasi teknologi dapat menggunakannya dengan mudah. Aspek penting lainnya adalah arsitektur sistem, di mana kami menentukan kerangka kerja yang mendukung fungsionalitas utama seperti pelacakan real-time dan analisis data.

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan berbagai skenario yang dirancang untuk meniru kasus penggunaan umum dan situasi ekstrem. Ini termasuk pengujian fungsional, untuk memastikan semua fitur bekerja seperti yang diharapkan, pengujian kegunaan untuk menilai kemudahan penggunaan aplikasi, dan pengujian stres untuk menguji keandalan sistem dalam kondisi ekstrem. Kami memberikan perhatian khusus pada keandalan sistem dalam berbagai kondisi cuaca dan memastikan akurasi data yang dikumpulkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa SMARST secara signifikan meningkatkan akurasi dan keandalan dalam pelacakan kapal dan penyediaan data cuaca. Kami mengidentifikasi beberapa area yang memerlukan peningkatan, terutama dalam hal skalabilitas sistem dan responsivitas antarmuka dalam kondisi jaringan yang buruk. Saat menghubungkan hasil ini dengan penelitian sebelumnya, terlihat jelas bahwa SMARST menawarkan kemajuan nyata dalam hal integrasi data, kegunaan, dan fitur keselamatan.

Setelah melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, dan pengembangan sistem SMARST, berikut ini adalah hasil yang diperoleh.



**Gambar 2.** Tampilan saat kapal normal

Penampilan kapal dalam keadaan normal pada platform web yang digambarkan dalam Gambar 2 menggambarkan tingkat keamanan dan stabilitas kapal saat beroperasi. Dalam konteks ini, kapal berwarna hitam melambangkan kapal yang berfungsi dengan baik dan tidak mengalami masalah operasional atau keamanan, representasi visual kapal dalam keadaan normal adalah hasil dari data yang diterima dari sensor kapal, termasuk sistem GPS dan gyro. Ketika data yang diterima menunjukkan bahwa kapal berada dalam kondisi yang baik, sistem akan menghasilkan ikon kapal berwarna hitam pada peta. Ini memberi tahu pengguna bahwa tidak ada tindakan khusus yang perlu diambil dan kapal dapat melanjutkan operasinya tanpa hambatan.

```
const isBeep = (s: ShipSensor) => s.x > 25 || s.x < -25;
const initialView: LatLngExpression = [1.48, 102.4];
let ships: Record<string, ShipSensor> = {};

client.subscribe(`${MQTT_TOPIC}/#`);
client.on('connect', () => { console.log('Connected') });
client.on('message', function (topic, message) {

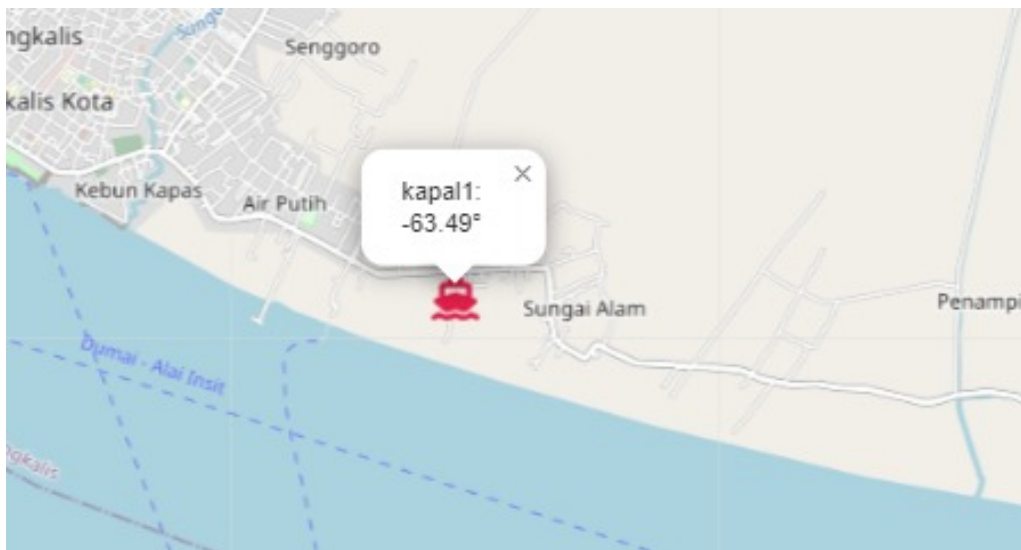
  const ship = {
    name: topic.split('/')[1],
    data: JSON.parse(message.toString()) as ShipSensor
  };

  if (ship && ship.data) {
    ships[ship.name] = {
      lat: ship.data.lat,
      long: ship.data.long,
      x: ship.data.x,
      y: ship.data.y,
      z: ship.data.z,
      beep: isBeep(ship.data)
    };
  }
});
```

**Gambar 3.** Potongan kode *mqtt client*

Pada gambar 3 menunjukkan Potongan kode MQTT, ditulis dalam TypeScript, sebuah superset dari JavaScript yang menambahkan tipe-tipe statis. Kode ini mendemonstrasikan bagaimana berlangganan ke topik MQTT, menerima pesan dari topik tersebut, dan memproses pesan tersebut. Kode ini secara umum digunakan untuk menerima dan memproses data sensor dari kapal yang dikirim melalui protokol MQTT.

Data disimpan dalam objek ships dengan informasi tambahan tentang apakah kondisi tertentu (isBeep) terpenuhi berdasarkan nilai sensor x.



**Gambar 4.** Tampilan saat kapal miring

Gambar 4 menyajikan skenario sebuah kapal dalam keadaan bahaya atau miring. Representasi visual dari kapal yang berwarna merah dan berkedip adalah alarm visual untuk pengguna bahwa ada sesuatu yang tidak beres dengan kapal yang bersangkutan. Warna merah secara tradisional dianggap sebagai warna peringatan, dan fungsinya di sini adalah untuk menarik perhatian pengguna segera. Ketika sensor gyro kapal mendeteksi kemiringan yang melebihi batas aman yang telah ditentukan, sistem dengan otomatis mengubah ikon kapal menjadi merah dan berkedip di peta web. Kedipan berfungsi sebagai penguat peringatan, memastikan bahwa masalah tersebut tidak terlewatkan oleh mata pengguna. Kemungkinan penyebab kapal miring bisa bervariasi, mulai dari kondisi laut yang kasar, beban kapal yang tidak seimbang, hingga masalah mekanis. Dengan memberikan peringatan dini, sistem memberi kesempatan bagi nelayan di kapal untuk mengambil tindakan korektif atau meminta bantuan sebelum situasi menjadi kritis.

```
export async function fetchWeather(lat: number, lng: number) {
  const res = await fetch(
    `${BASE_WEATHER_URL}?latitude=${lat}&longitude=${lng}&current_weather=true`
  );
  const resJson = await res.json();
  const weather: CurrentWeather = resJson.current_weather;
  const units: CurrentWeatherUnits = resJson.current_weather_units;
  return { weather, units };
}

// Show Weather
map.on('click', async (e) => {
  if (map) {
    const { weather, units } = await fetchWeather(e.latlng.lat, e.latlng.lng);
    const element = await generateWeatherTable(weather, units);
    popup.setLatLng(e.latlng).setContent(element).openOn(map);
  }
});
```

**Gambar 5.** Potongan kode *fetch* data cuaca

Gambar 5 merupakan potongan kode fetch data cuaca. Kode ini secara umum berfungsi untuk memberikan fungsionalitas pada peta, di mana pengguna dapat mengklik lokasi tertentu pada peta, dan aplikasi akan menampilkan informasi cuaca untuk lokasi tersebut dalam bentuk popup. Data cuaca diambil dari API eksternal, dan struktur responsnya diasumsikan memiliki bidang `current_weather` dan `current_weather_units`.





**Gambar 6.** Tampilan Realtime Cuaca

Cuaca memainkan peranan krusial dalam menentukan keberhasilan dan memastikan keamanan dalam berbagai operasi perikanan. Dampaknya yang signifikan membuat integrasi informasi cuaca real-time ke dalam platform pemantauan kapal nelayan menjadi elemen yang sangat penting. Gambar 6 secara visual menggambarkan implementasi fitur ini, di mana pengguna diberikan kemampuan untuk memilih titik spesifik di peta dan seketika mendapatkan akses ke data cuaca real-time untuk lokasi yang dipilih. Fitur interaktif ini membuka pintu bagi nelayan untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan informasi. Dengan mengakses informasi cuaca secara langsung dan tepat waktu, nelayan dapat menilai apakah kondisi cuaca saat itu dan yang akan datang memungkinkan untuk berlayar, tetap berada di pelabuhan, atau bahkan kembali ke darat untuk menghindari bahaya potensial. Informasi cuaca ini bukan hanya berfungsi sebagai alat untuk menghindari bahaya, tetapi juga sebagai sarana untuk mengoptimalkan operasi penangkapan ikan. Nelayan dapat menggunakan data tentang arus, suhu air, dan kondisi atmosfer untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang memiliki potensi tinggi untuk penangkapan ikan, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas mereka.

Pentingnya akses informasi cuaca real-time dalam operasi perikanan tidak dapat diabaikan. Fitur ini membantu nelayan untuk tetap terinformasi, membuat keputusan yang lebih tepat, dan pada akhirnya, memastikan keberlanjutan sumber daya alam dan keamanan mereka sendiri. Dengan memanfaatkan teknologi ini, industri perikanan dapat terus berkembang sambil meminimalkan risiko dan memaksimalkan potensi penangkapan ikan. Dengan demikian, integrasi data cuaca real-time ke dalam sistem pemantauan kapal merupakan langkah maju yang signifikan dalam mengoptimalkan operasi perikanan. Ini bukan hanya tentang menyediakan data; ini tentang membuat data tersebut dapat diakses, mudah dipahami, dan akhirnya, memungkinkan nelayan untuk membuat keputusan yang lebih cerdas.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengembangan dan implementasi sistem SMARST untuk pemantauan kapal nelayan di Pulau Bengkalis, dapat disimpulkan beberapa poin penting diantaranya: Sistem SMARST terbukti efektif dalam memantau posisi kapal nelayan secara real-time dan memberikan notifikasi keselamatan yang penting untuk meningkatkan keamanan nelayan saat beroperasi di laut. Sebagai sebuah inovasi di Pulau Bengkalis, SMARST mendapatkan penerimaan yang baik dari komunitas nelayan dan stakeholder terkait, menunjukkan relevansi dan kebutuhan akan sistem pemantauan semacam ini. Meskipun SMARST telah memberikan kontribusi signifikan pada keselamatan dan efisiensi operasional nelayan, masih ada potensi pengembangan lebih lanjut, termasuk integrasi dengan sistem

<https://doi.org/10.31849/digitalzone.v14i2.164197>

informasi lainnya dan analisis data yang lebih mendalam untuk meningkatkan hasil tangkapan. Sistem ini berkontribusi tidak hanya pada peningkatan keselamatan nelayan, tetapi juga pada potensi pertumbuhan ekonomi lokal melalui peningkatan produktivitas dan keberlanjutan dalam industri perikanan di Pulau Bengkalis.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. Novizantara, A. Mulyadi, U. M. Tang, and R. M. Putra, "Calculating Economic Valuation of Mangrove Forest in Bengkalis Regency, Indonesia," *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 17, no. 5, pp. 1629–1634, Aug. 2022, <https://doi.org/10.18280/ijstdp.170528>.
  - [2] I. Salamah, N. Nasron, and D. Azzahra, "Teknologi GPS NEO-6 Untuk Tracking Kapal Penumpang Secara Real Time dengan Fitur Tombol Emergency SOS," *SMATIKA JURNAL*, vol. 12, no. 02, pp. 146–155, Dec. 2022, <https://doi.org/10.32664/smatika.v12i02.692>
  - [3] Q. Chen, W. Wu, Y. Guo, J. Li, and F. Wei, "Environmental impact, treatment technology and monitoring system of ship domestic sewage: A review," *Science of The Total Environment*, vol. 811, p. 151410, Mar. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151410>.
  - [4] M. Maradona and Y. Dwi Atma, "Analisis Penerapan Framework Cobit 5.0 Untuk Analisis Desain Sistem Monitoring Pelacakan Kapal Keluar Masuk Inaportnet," *METIK JURNAL*, vol. 5, no. 2, pp. 49–54, Dec. 2021, <https://doi.org/10.47002/metik.v5i2.220>.
  - [5] A. Mujib, R. Ramiati, and R. Vitria, "Pelacakan Perahu Masyarakat Yang Mengalami Kondisi Darurat Di Perairan Sipora Utara Kab. Kepulauan Mentawai Berbasis Internet Of Things," *Elektron: Jurnal Ilmiah*, pp. 7–12, Jun. 2022, <https://doi.org/10.30630/eji.14.1.244>.
  - [6] A. G. Hagargund, P. Shreya, N. Spandana, D. Varsha, and V. S. Vishrutha, "Implementation of Global Ship Tracking And Monitor System," in *2022 IEEE North Karnataka Subsection Flagship International Conference (NKCon)*, IEEE, Nov. 2022, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/NKCon56289.2022.10126872>.
  - [7] "Design Of Fishing Ship Monitoring Information System Case Study In The Marine And Fishery Resources Supervision Unit". <https://dx.doi.org/10.2404/aisj.v1i1.13621>
  - [8] J. V. Kramer and S. Steen, "Simplified test program for hydrodynamic CFD simulations of wind-powered cargo ships," *Ocean Engineering*, vol. 244, p. 110297, Jan. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110297>
  - [9] A. Prayudi, I. A. Sulistijono, A. Risnumawan, and Z. Darojah, "Surveillance System for Illegal Fishing Prevention on UAV Imagery Using Computer Vision," in *2020 International Electronics Symposium (IES)*, IEEE, Sep. 2020, pp. 385–391. <https://doi.org/10.1109/IES50839.2020.9231539>.
  - [10] C. Zhang, Y. Chen, B. Xu, Y. Xue, and Y. Ren, "The dynamics of the fishing fleet in China Seas: A glimpse through AIS monitoring," *Science of The Total Environment*, vol. 819, p. 153150, May 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153150>.
  - [11] B. Pearson, Y. Zhang, C. Zou, and X. Fu, "FUME: Fuzzing Message Queuing Telemetry Transport Brokers," in *IEEE INFOCOM 2022 - IEEE Conference on Computer Communications*, IEEE, May 2022, pp. 1699–1708. <https://doi.org/10.1109/INFOCOM48880.2022.9796755>.
-

- [12] J. Ali and M. Haseeb Zafar, “Improved End-to-end service assurance and mathematical modeling of message queuing telemetry transport protocol based massively deployed fully functional devices in smart cities,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 72, pp. 657–672, Jun. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.04.014>.
- [13] C. S. Timperley, T. Durschmid, B. Schmerl, D. Garlan, and C. Le Goues, “ROSDiscover: Statically Detecting Run-Time Architecture Misconfigurations in Robotics Systems,” in *2022 IEEE 19th International Conference on Software Architecture (ICSA)*, IEEE, Mar. 2022, pp. 112–123. <https://doi.org/10.1109/ICSA53651.2022.00019>.
- [14] M. Ragab, “IOT based Smart Irrigation System,” *International Journal of Industry and Sustainable Development*, vol. 0, no. 0, pp. 0–0, Aug. 2022, <https://doi.org/10.21608/ijisd.2022.148007.1021>.
- [15] C. Bayılmış, M. A. Ebleme, Ü. Çavuşoğlu, K. Küçük, and A. Sevin, “A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things,” *Digital Communications and Networks*, vol. 8, no. 6, pp. 1094–1104, Dec. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.03.013>.
- [16] J. Dann, R. Wagner, D. Ritter, C. Faerber, and H. Froening, “PipeJSON: Parsing JSON at Line Speed on FPGAs,” in *Data Management on New Hardware*, New York, NY, USA: ACM, Jun. 2022, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1145/3533737.3535094>.
- [17] G. Elidolu, S. I. Sezer, E. Akyuz, O. Arslan, and Y. Arslanoglu, “Operational risk assessment of ballasting and de-ballasting on-board tanker ship under FMECA extended Evidential Reasoning (ER) and Rule-based Bayesian Network (RBN) approach,” *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 231, p. 108975, Mar. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.res.2022.108975>.