

TemanNelayan: Inovasi Teknologi untuk Meningkatkan Kesejahteraan Nelayan di Indonesia

Stanislaus Alva Jufinto¹, Alwan Athallah Mumtaz², Muhammad Alfhi Saputra³

¹Computer Science Bina Nusantara University, Jakarta, 11530, email: stanislaus.jufinto@binus.ac.id

²Computer Science Bina Nusantara University, Jakarta, 11530, email: alwan.mumtaz@binus.ac.id

³Computer Science Bina Nusantara University, Jakarta, 11530, email: muhammad.saputra040@binus.ac.id

Corresponding Author: Stanislaus Alva Jufinto

INTISARI — Nelayan skala kecil di Indonesia masih menghadapi ketidakpastian tinggi saat menentukan lokasi tangkap dan memperkirakan kebutuhan operasional, terutama karena keterbatasan akses data oseanografi yang mudah dipahami dan konektivitas yang fluktuatif di laut. TemanNelayan diperkenalkan sebagai aplikasi *mobile* ringan yang menyajikan peta Zona Potensi Ikan (ZPI) dari integrasi indikator suhu permukaan laut (SST), klorofil-a, dan batimetri, dipadukan dengan ringkasan cuaca harian yang ringkas dan mudah dibaca. Fitur pendamping meliputi estimasi jarak, waktu, BBM ke titik target, koordinat tujuan dan navigasi sederhana berbasis GPS ponsel, pelacakan perjalanan, serta riwayat perjalanan untuk evaluasi rute; seluruhnya dioptimalkan agar tetap berfungsi pada perangkat berspesifikasi rendah dan kondisi *semi-offline*. Secara teknis, ZPI dihitung menggunakan skema skoring berbobot yang menggabungkan kesesuaian rentang SST dan konsentrasi klorofil-a terhadap nilai acuan, sedangkan analisis risiko mempertimbangkan parameter cuaca agar peta yang tersaji praktis dan dapat ditindaklanjuti. Hasil uji coba awal menunjukkan peta ZPI dan ringkasan cuaca membantu mempercepat pemilihan lokasi, sementara estimasi BBM dan riwayat trip mendukung perencanaan biaya dan rute harian. Keterbatasan utama berada padautupan awan, jeda pemutakhiran, dan resolusi spasial data. Pengembangan selanjutnya difokuskan pada mode *offline* pada lebih banyak fitur, rute ke titik ZPI dengan kalkulasi BBM yang lebih akurat dan adaptif, serta perluasan *logbook* tangkapan dan *geofence* kawasan larangan untuk meningkatkan keselamatan dan kepatuhan.

KATA KUNCI — *Fish Detection*, Nelayan, Google Earth Engine, Zona Potensi Ikan, Data Oseanografi.

I. PENDAHULUAN

Indonesia, dengan lebih dari 5,8 juta km² wilayah laut, merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dan memiliki potensi sumber daya perikanan yang sangat besar [1]. Wilayah perikanan Indonesia menjadi tulang punggung ekonomi bagi banyak masyarakat pesisir, dengan lebih dari 70% nelayan yang bekerja pada skala kecil. Namun, nelayan kecil menghadapi tantangan besar dalam menentukan lokasi penangkapan ikan yang tepat. Tanpa adanya data yang akurat dan analisis berbasis teknologi, mereka bergantung pada pengalaman dan insting pribadi dalam memilih lokasi melaut. Hal ini menyebabkan ketidakpastian dalam hasil tangkapan, fluktuasi yang tinggi, serta meningkatnya biaya operasional, yang berimbas pada kesejahteraan nelayan [1], [2].

Sebagian besar nelayan kecil masih mengandalkan pengalaman lokal atau informasi dari sesama nelayan dalam menentukan lokasi tangkapan. Meskipun beberapa telah menggunakan alat bantu seperti GPS atau sonar, sebagian besar aplikasi kelautan yang tersedia hanya menampilkan informasi umum tanpa analisis prediktif mendalam berbasis data suhu permukaan laut (SST), klorofil-a, dan batimetri dalam bentuk peta spasial yang mudah dipahami [3], [5]. Selain itu, fitur pendukung penting seperti estimasi bahan bakar, jarak tempuh, dan analisis risiko cuaca ekstrem masih jarang diintegrasikan ke dalam sistem yang mudah diakses nelayan.

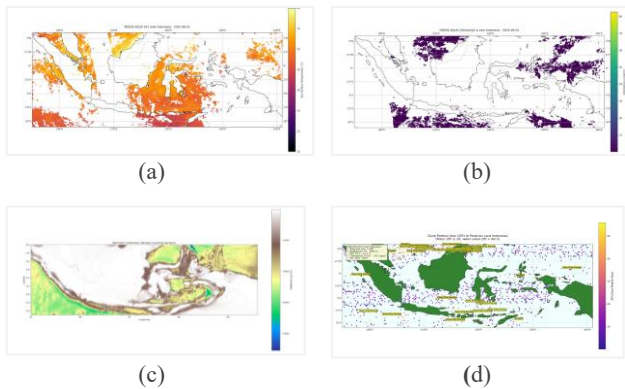
Beberapa aplikasi nasional seperti LautNusantara, FishOn, dan sistem resmi milik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) telah dikembangkan untuk menyediakan informasi potensi ikan dan kondisi cuaca laut. Namun, sistem-sistem tersebut masih memiliki keterbatasan dalam hal kedalaman analisis, personalisasi data, dan ketersediaan dalam kondisi jaringan yang terbatas [3], [5]. Padahal, sebagian besar wilayah pesisir Indonesia masih menghadapi keterbatasan konektivitas

internet, sehingga diperlukan solusi yang dapat berfungsi secara semi-offline di lapangan.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, TemanNelayan dikembangkan sebagai aplikasi *mobile* ringan yang memanfaatkan integrasi data spasial oseanografi (SST, klorofil-a, dan batimetri) untuk memprediksi Zona Potensi Ikan (ZPI) secara lebih akurat dan mudah dipahami. Aplikasi ini dilengkapi fitur pendukung seperti estimasi bahan bakar, analisis risiko cuaca, dan navigasi berbasis GPS, serta dirancang agar dapat beroperasi pada perangkat berspesifikasi rendah dan kondisi semi-offline. Dengan pendekatan berbasis data dan desain yang berorientasi pengguna, TemanNelayan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi ketidakpastian hasil tangkapan, dan pada akhirnya meningkatkan kesejahteraan nelayan kecil. Selain manfaat praktis, pengembangan TemanNelayan juga berkontribusi pada kemandirian teknologi kelautan nasional dengan mendemokratisasi akses data spasial bagi masyarakat pesisir.

II. METODOLOGI PENGEMBANGAN APLIKASI

Metodologi pengembangan TemanNelayan terdiri atas tiga tahap utama yaitu (1) pengumpulan dan pra-pemrosesan data oseanografi, (2) perancangan sistem dan teknologi, dan (3) implementasi serta validasi aplikasi. Proses pengembangan aplikasi dimulai dengan mengumpulkan data oseanografi (SST, klorofil-a, batimetri) yang sampel datasetnya dapat dilihat pada Tabel I, lalu mengolahnya menjadi skor ZPI seperti terlampir di bagian (d) pada Gambar 1 [5]. Setelah itu dilanjutkan dengan pembuatan tampilan aplikasi yang pada akhirnya difinalisasikan dengan aplikasi *mobile*. Aplikasi TemanNelayan harus dipastikan ringan serta *semi-offline* dan dapat berjalan pada perangkat seluler dengan kondisi dan sumber daya terbatas.



Gambar 1. Hasil dari *Plotting* SST (a), Klorofil (b), Batimetri (c), dan ZPI (d) dengan Python

A. PENGUMPULAN DATA

1) *Sea Surface Temperature (SST)*

Sea Surface Temperature adalah data suhu permukaan laut yang ada di Indonesia. Data ini akan digunakan sebagai salah satu parameter pertama untuk menghasilkan zona prediksi ikan dan menganalisis distribusi suhu di permukaan laut [3] yang bisa dilihat pada Gambar 1 bagian (a). Dataset suhu permukaan laut diperoleh dari citra satelit Aqua MODIS level-3 yang dapat diakses melalui situs resmi MODIS [6].

2) Kadar Klorofil-a (*CHL*)

Selanjutnya adalah data kadar klorofil laut yang digunakan sebagai parameter kedua untuk mendapatkan skor pada zona prediksi ikan [3]. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi konsentrasi klorofil-a yang berkaitan dengan produktivitas primer laut yang diukur dengan satuan mg/m^3 [5] dan gambarnya dapat dilihat pada bagian (b) di Gambar 1. Data ini juga diperoleh dari citra satelit Aqua MODIS level-3 [7].

3) *Batimetri (Kedalaman Laut)*

Data ini digunakan untuk mengklasifikasikan zona kedalaman laut yang akan digunakan sebagai salah satu informasi di peta. Berdasarkan seorang akademisi di bidang perikanan, kedalaman laut memengaruhi jenis ikan yang ditangkap. Data batimetri yang digunakan adalah BATNAS (Batimetri Nasional) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui portal SIBATNAS dan Ina-Geoportal [8]. Visualisasi dari kedalaman laut di Indonesia dapat dilihat pada bagian (c) di Gambar 1.

TABEL I. SAMPLE DATASET SST, CHL, DAN BATIMETRI

No	lat (°)	long (°)	sst(°C)	chl(mg/m ³)	depth (m)
1	-5.1234	119.4567	28.7	0.29	150
2	-4.9876	119.6789	29.2	0.25	80
3	-6.2345	120.3456	27.8	0.32	45
4	-5.8765	118.9876	30.1	0.18	900
5	-6.5432	121.1234	28.5	0.30	1000

B. TEKNOLOGI YANG DIGUNAKAN

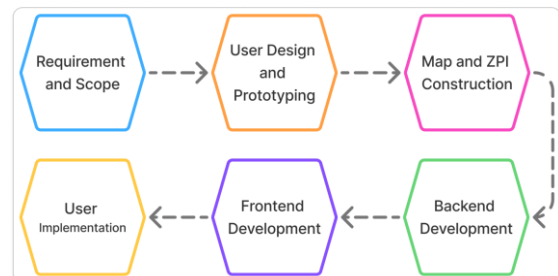
1) Flutter digunakan untuk pengembangan aplikasi yang lebih cepat berkat penggunaan Dart. Bahasa pemrograman yang dikompilasi ke native ARM code yang menawarkan performa tinggi. Flutter juga menyediakan *widget* yang sangat fleksibel untuk membangun antarmuka pengguna responsif dan interaktif, serta mendukung *hot reload* untuk

mempercepat iterasi pengembangan [9]. Untuk pengelolaan data secara *offline*, TemanNelayan menggunakan SQLite untuk menyimpan data peta ZPI dan informasi penting lainnya, memastikan aplikasi tetap dapat berfungsi meskipun tanpa koneksi internet.

- 2) Google Earth Engine (GEE) digunakan untuk mengakses, mengolah, dan menganalisis data citra satelit secara efisien. GEE memungkinkan pemrosesan data spasial dalam jumlah besar melalui cloud computing, mengurangi waktu dan biaya komputasi yang dibutuhkan. Dalam aplikasi TemanNelayan, GEE digunakan untuk mengunduh dan memproses data *Sea Surface Temperature* (SST) dan Chlorophyll-a (CHL) dari satelit MODIS, yang kemudian digunakan untuk menghitung ZPI (Zona Potensi Ikan) [7].
- 3) Node.js digunakan sebagai *runtime* untuk *backend* karena kemampuan *non-blocking I/O* yang memungkinkan pemrosesan paralel dan respons cepat untuk banyak *request*. Express.js berfungsi sebagai *framework* backend yang berjalan di atas Node.js untuk menyediakan routing dan menangani permintaan HTTP untuk mengelola permintaan prediksi dari aplikasi seluler [10].

C. PROSES PENGEMBANGAN

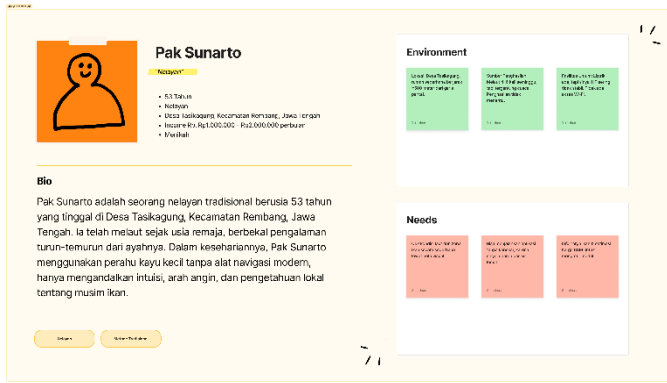
Kami menerapkan Rapid Application Development (RAD) yang berfokus pada iterasi cepat dan *feedback* pengguna lewat prototipe berulang karena efektivitas pendekatan ini telah dibuktikan pada berbagai proyek pengembangan aplikasi. Implementasi RAD TemanNelayan dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 2 dan teknologi yang digunakan TemanNelayan terlampir pada Gambar 4. Adapun mengenai detail pengembangan aplikasi TemanNelayan dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir pengembangan aplikasi TemanNelayan

1) *Requirement and Scope*

Tahap ini diawali dengan wawancara bersama *expert* dan *benchmark* singkat aplikasi sejenis sebagai pembanding utama dalam *interface* aplikasi dan informasi yang akan ditampilkan sehingga relevan dengan kebutuhan Nelayan. Selain itu kami juga mempelajari jurnal ilmiah dengan tema terkait untuk memastikan indikator yang dipakai (SST dan klorofil-a) memang relevan bagi penentuan zona potensi ikan di perairan Indonesia [3][5]. Temuan awal kemudian dipetakan ke *user persona* nelayan yang dapat dilihat pada Gambar 3 untuk memaku kebutuhan inti: peta ZPI yang ringan dan bisa *semi-offline* dengan bahasa yang mudah dipahami.



Gambar 3 User Persona TemanNelayan

2) User Design and Prototyping (high-fidelity)

Berbekal temuan riset, kami membuat prototipe Hi-Fi layar inti (Dashboard, Peta ZPI, Detail Spot, Trip) lalu mengujinya dengan *Heuristic Evaluation* memakai *10 Usability Heuristics* (Nielsen) [11] untuk menemukan masalah kegunaan berprioritas tinggi sebelum menulis banyak kode.

3) ZPI and Map Construction

Setiap data yang dikumpulkan perlu dinormalisasi agar bisa digunakan dalam perhitungan Zona Potensi Ikan. Zona Potensi Ikan digunakan untuk memperkirakan habitat ikan yang optimal pada suatu titik dan dilakukan dengan cara menghitung skor SST dan CHL berdasarkan nilai acuan tertentu, untuk SST nilai optimalnya adalah 29.5°C dengan batas toleransi 2.0 seperti yang ditampilkan pada persamaan (1), dan nilai optimal untuk CHL adalah 0.28 mg/m³ dengan batas toleransi 0.15 seperti yang ditampilkan pada persamaan (2) [3], [5].

$$Ssst = \max\left(0, 1 - \left(\frac{|sst - 29.5|}{2.0}\right)\right) \quad (1)$$

$$Schl = \max\left(0, 1 - \left(\frac{|chl - 0.28|}{0.15}\right)\right) \quad (2)$$

$$ZPI = 100 \times (0.5 \times Ssst + 0.5 \times Schl) \quad (3)$$

Hasil dari persamaan (1) dan persamaan (2) akan digunakan pada persamaan (3) untuk menghasilkan skor Zona Potensi Ikan. Dengan rumus ini, nilai SST dan CHL akan berada dalam rentang 0 hingga 100, tergantung pada seberapa jauh nilai yang diukur dari nilai referensinya. Semakin mendekati nilai referensi, semakin tinggi skor yang dihasilkan.

4) Pengembangan Backend

Backend aplikasi ini menggunakan Node.js sebagai *runtime* JavaScript dan Express.js sebagai framework web untuk membangun API yang ringan dan cepat [8]. Node.js memungkinkan pemrosesan non-blocking dan real-time, yang sangat berguna untuk menangani banyak permintaan secara bersamaan, terutama saat mengakses data dari berbagai sumber dan menyajikan peta.

5) Pengembangan Frontend

Aplikasi TemanNelayan dirancang untuk memberikan pengalaman pengguna yang intuitif, responsif, dan dapat diakses dengan mudah di perangkat seluler, baik di Android maupun iOS [7]. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan frontend adalah menciptakan aplikasi yang ringan dan dapat berfungsi *semi-offline*, mengingat banyak nelayan yang

beroperasi di daerah-daerah yang memiliki konektivitas internet terbatas.

Aplikasi TemanNelayan menggunakan *clustering* untuk mengelompokkan titik-titik yang memiliki ZPI tinggi pada level *zoom* yang lebih rendah, sehingga peta tidak akan menampilkan terlalu banyak titik atau data yang akan memperlambat kinerja aplikasi. Hal ini sangat penting untuk menjaga performa aplikasi, terutama pada perangkat dengan sumber daya terbatas.

6) Implementasi Pengguna

Implementasi diarahkan pada nelayan skala kecil dengan kapal berukuran 3-5 Gross Tonnage dengan perangkat Android kelas menengah ke bawah. Kebutuhan inti dipakukan dari *user persona* yang bisa dilihat pada Gambar 3 adalah peta ZPI, ringkasan cuaca, rute sederhana, estimasi bahan bakar, serta mode *semi-offline*. Alur utama yang dirancang adalah membuka aplikasi, pilih paket data wilayah Alur dirancang dengan sederhana: (1) Buka aplikasi, (2) Buka map, (3) Pilih titik dan mulai trip, (4) Lihat *tracking real-time* (5) Selesaikan dan simpan ke riwayat perjalanan. Waktu tampilan peta harus kurang dari 30 detik pada perangkat dengan kapasitas RAM 3-6 GB, tetap dapat diakses bahkan saat tidak ada internet sekalipun. Akurasi jarak/rute dan estimasi BBM tidak meleset lebih dari 10% terhadap rute aktual pada uji lapangan.



Gambar 4. Logo Teknologi yang digunakan TemanNelayan

III. FITUR UTAMA DAN IMPLEMENTASI APLIKASI

Aplikasi TemanNelayan dirancang untuk membantu nelayan kecil di Indonesia dalam menentukan lokasi penangkapan ikan yang optimal, serta mengurangi risiko melaut dengan menyediakan informasi berbasis data oseanografi dan teknologi kecerdasan buatan (AI). Beberapa fitur utama dari aplikasi ini meliputi peta interaktif, analisis risiko cuaca, estimasi bahan bakar dan jarak tempuh kapal, serta mode *semi-offline* yang memudahkan akses di daerah dengan keterbatasan sinyal. Diagram fitur dan implementasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur Aplikasi TemanNelayan

A. PETA INTERAKTIF DENGAN PREDIKSI ZONA POTENSI IKAN (ZPI)

Salah satu fitur utama TemanNelayan adalah peta interaktif yang menunjukkan Zona Potensi Ikan (ZPI) yang dapat dilihat di *mockup* (c) pada Gambar 6. Aplikasi ini memanfaatkan data Suhu Permukaan Laut (SST), konsentrasi klorofil, dan kedalaman laut untuk menghitung skor ZPI di setiap titik koordinat perairan Indonesia. Peta ini memberikan informasi tentang lokasi dengan potensi ikan tinggi, berdasarkan analisis parameter oseanografi [5].

B. ANALISIS RISIKO CUACA DAN KONDISI LAUT

Aplikasi ini juga menyediakan analisis risiko cuaca, yang memberi informasi terkait kondisi cuaca ekstrem seperti badai atau gelombang tinggi yang dapat membahayakan nelayan yang terlampir pada bagian (f) di Gambar 6. Berdasarkan data terkini tentang suhu laut, kecepatan angin, arah arus laut, dan kelembapan pada Gambar 6 bagian (d), aplikasi memberikan peringatan dini dan rekomendasi bagi nelayan untuk menentukan apakah kondisi memungkinkan untuk melaut. Fitur ini sangat berguna untuk mengurangi risiko kerugian yang disebabkan oleh cuaca yang tidak dapat diprediksi [12].

C. ESTIMASI JARAK TEMPUH DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

Fitur berikutnya adalah estimasi jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar dari posisi nelayan menuju titik lokasi penangkapan ikan yang terprediksi. Menggunakan data posisi GPS yang diterima oleh perangkat seluler nelayan, aplikasi ini menghitung jarak dan memberikan perkiraan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk mencapai lokasi yang diinginkan seperti yang terlihat di bagian (c) pada Gambar 6. Fitur ini sangat berguna untuk mengoptimalkan pengeluaran bahan bakar dan meningkatkan efisiensi operasional nelayan. Rumus estimasi bahan bakar dapat dilihat pada persamaan (4).

$$F(v, \nabla) = \lambda \cdot v^3 \cdot \nabla^{2/3} \tag{4}$$

Dimana: (1) F adalah konsumsi bahan bakar, (2) v adalah kecepatan kapal melalui air, (3) ∇ adalah *displacement*/berat kapal, (4) λ adalah konstanta spesifik kapal yang bisa diasumsikan bernilai satu apabila belum diketahui. Rumus ini berdasarkan pada studi yang menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar kapal tidak hanya bergantung pada kecepatan konstan (v) tetapi juga pada hambatan gelombang dan berat kapal juga dipengaruhi oleh beban kapal (∇) dan luas lambung kapal yang bersentuhan dengan air [13].

D. TRACKING PERJALANAN REAL-TIME

Pelacakan perjalanan *real-time* merekam lintasan kapal, jarak tempuh, dan durasi secara kontinu dari GPS perangkat. Nelayan bisa menekan *icon* berbentuk *plus* pada *mockup* (c) di Gambar 8 dan saat perjalanan dimulai tampilannya dapat dilihat di bagian (g) pada Gambar 6. Data ini dapat ditautkan ke titik potensi ikan yang dikunjungi untuk memudahkan evaluasi rute yang akan di tampilkan di riwayat perjalanan. *Tracking* perjalanan *real-time* merupakan *semi-offline* yang bisa dijalankan tanpa memerlukan koneksi internet.

E. INFORMASI IKAN

Fitur berikutnya adalah informasi ikan yang dikategorikan berdasarkan jenisnya, yaitu; Ikan Pelagis, Ikan Karang, dan Ikan Demersal yang dapat dilihat di Gambar 8 pada bagian (h). Nelayan bisa mencari ikan tertentu seperti yang terlihat pada Gambar 6 bagian (i) dan aplikasi akan menyajikan nama ikan

dalam bahasa Indonesia dan bahasa Latin. Setelah memilih ikan tertentu, nelayan bisa mendapatkan informasi mendetail, seperti; panjang, berat, habitat kedalaman, tipe ikan, makanan, dan

F. MODE SEMI-OFFLINE

Aplikasi TemanNelayan dirancang untuk dapat digunakan secara *semi-offline*, memungkinkan nelayan untuk mengakses informasi penting meskipun mereka berada di daerah dengan konektivitas internet yang terbatas. Aplikasi ini dapat menyimpan data yang diperoleh dari jaringan dan mengakses informasi secara lokal, seperti peta ZPI dan kondisi cuaca terkini, meskipun tidak ada sinyal internet di area perairan. Hal ini memungkinkan nelayan yang beroperasi di perairan terpencil untuk tetap memanfaatkan aplikasi tanpa tergantung pada jaringan seluler.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. TAMPILAN APLIKASI

Setelah melalui proses riset, wawancara, *design* aplikasi, dan pengembangan, tampilan dari aplikasi TemanNelayan dapat dilihat pada Gambar 6. Rancangan ini menekankan kemudahan navigasi, keterbacaan informasi utama, dan kepraktisan penggunaan di tengah laut sekaligus meminimalisir beban kognitif. Aplikasi yang ringan dengan tampilan dan bahasa yang sederhana, serta mudah dipahami adalah hal utama dalam pengembangan TemanNelayan.



Gambar 6. Tampilan Aplikasi TemanNelayan

B. EVALUASI KEBERHASILAN TEMANNELAYAN

Uji coba menunjukkan peta ZPI membantu nelayan memilih lokasi yang lebih terarah. Titik rekomendasi mempermudah penentuan tujuan ketika di laut terbuka dan mengurangi pola berpindah acak antar lokasi yang sama dari kebiasaan sebelumnya. Nelayan menilai penyajian skor sederhana dan titik alternatif sebagai nilai tambah karena memberikan pilihan baru saat hasil di titik awal kurang baik.

Informasi cuaca di aplikasi dinilai relevan dan mudah dipahami. Nelayan sudah terbiasa memeriksa data BMKG, sehingga ringkasan cuaca di TemanNelayan mempercepat keputusan berangkat atau menunda. Peringatan kondisi angin dan gelombang membantu mengurangi risiko dan menekan biaya perjalanan yang tidak perlu.

Estimasi bahan bakar bermanfaat karena sebelumnya perhitungan BBM bersifat perkiraan. Koordinat tujuan dan *live tracking* memudahkan navigasi hanya dengan GPS ponsel, karena kapal nelayan kecil tidak memiliki sonar atau GPS terpasang. Komponen AI generatif dipandang pelengkap dan tidak menjadi faktor utama dalam keputusan operasional.

Riwayat perjalanan dinilai cukup berguna. Fitur ini mencatat titik yang pernah dikunjungi, jarak tempuh, dan durasi. Data tersebut membantu evaluasi rute, perkiraan kebutuhan BBM, dan perencanaan waktu untuk trip berikutnya. Nelayan dapat membandingkan hasil di tiap titik dan memilih pola yang lebih efisien.

Informasi spesies ikan dinilai sebagai fitur tambahan. Manfaat utamanya adalah referensi cepat mengenai jenis ikan, habitat umum, dan karakteristiknya. Fitur ini tidak langsung memengaruhi keputusan harian, tetapi tetap bermanfaat sebagai pengetahuan pendukung.

C. PEMBAHASAN LAINNYA

Secara keseluruhan, TemanNelayan telah valid untuk kebutuhan inti di lapangan. Peta ZPI dan cuaca menjadi penopang utama pengambilan keputusan, sementara estimasi bahan bakar, koordinat, dan *live tracking* memperkuat efisiensi dan keselamatan. Fokus pengembangan selanjutnya adalah mempertahankan kinerja fitur inti dan memastikan aplikasi tetap ringan serta dapat digunakan secara *semi-offline*.

Pengembangan selanjutnya diarahkan pada peningkatan akurasi data. Perencanaan trip diperkuat dengan rute sederhana dari lokasi awal ke titik ZPI, lengkap dengan jarak, estimasi waktu tempuh, dan kebutuhan bahan bakar. Trip history digunakan untuk menyetel estimasi berdasarkan profil kapal yang sama, sehingga perhitungan lebih mendekati kondisi nyata.

Selain itu operasional di lapangan akan didukung oleh *logbook* tangkapan singkat per titik dan waktu, ringkasan harian jarak dan BBM, serta *geofence* kawasan terlarang dan konservasi. Sekaligus kerjasama dengan pemerintah untuk fitur tombol darurat. Antarmuka dipertahankan sederhana, dengan bahasa yang mudah dan panduan singkat membaca peta ZPI dan cuaca.

D. TANTANGAN DAN KETERBATASAN

TemanNelayan tetap dibatasi oleh kualitas dan ketersediaan data. Akurasi ZPI bergantung pada citra satelit (SST, klorofil, batimetri) yang rentan tertutup awan, hujan lebat dan kabut. Resolusi yang terbatas, jeda waktu (latency) pemrosesan, serta blank spot di dekat pantai membuat detail kadang luput. Sumber cuaca dan oseanografi yang menyediakan data angin, gelombang, arus, serta pasang surut, juga membawa ketidakpastian prediksi.

Di lapangan, adopsi dipengaruhi kebiasaan nelayan yang mengandalkan intuisi dan jejaring lokal. Peralihan ke aplikasi berbasis AI menuntut literasi digital dan pelatihan penggunaan. Dengan pendampingan, edukasi bertahap, dan desain ramah medan (*offline-mode*, hemat data, bahasa lokal), hambatan teknis dan non-teknis dapat ditekan tanpa mengorbankan manfaat utama aplikasi.

V. KESIMPULAN

TemanNelayan menjawab kebutuhan inti nelayan skala kecil dengan menyajikan peta prediksi Zona Potensi Ikan (ZPI), ringkasan cuaca, estimasi jarak-BBM, pelacakan perjalanan, dan mode *semi-offline* dalam satu aplikasi yang ringan dan mudah dipahami. Integrasi data oseanografi (SST, klorofil-a,

batimetri) dikemas sebagai peta interaktif yang membantu pengambilan keputusan di laut dengan keterbatasan sinyal

Hasil uji coba menunjukkan TemanNelayan efektif mengoptimalkan proses melaut: ZPI membuat pemilihan lokasi lebih terarah, ringkasan cuaca mempercepat keputusan berangkat/menunda, estimasi BBM mengurangi perkiraan manual, sementara koordinat tujuan dan *live tracking* memudahkan navigasi dengan GPS ponsel. Riwayat perjalanan turut membantu evaluasi rute dan perencanaan trip berikutnya.

Secara keseluruhan, TemanNelayan berkontribusi pada kemandirian teknologi kelautan dengan mendemokratisasi akses data spasial bagi masyarakat pesisir serta menjadi pendamping nelayan untuk memahami laut, mengurangi rugi, serta risiko saat melaut.

REFERENSI

- [1] H. Yuniarto, "Mengembalikan Kejayaan Maritim Indonesia," Kementerian Pertahanan RI (Ditjen Potan), 22-Nov-2023. [Online]. Tersedia: maritim.kemhan.go.id.
- [2] International Institute for Sustainable Development (IISD), Supporting Marine Fishing Sustainably: A Review of Central and Provincial Government Support for Marine Fisheries in Indonesia, Jul. 2021, hal. 16. [Online]. Tersedia: iisd.org.
- [3] D. Zainuddin, et al., "The effect of fish-aggregating device (FAD) closure on skipjack tuna habitat hotspots and fishing grounds in the Gulf of Bone-Flores Sea, Indonesia," PLOS ONE, vol. 12, no. 9, e0183857, 2017. [Online]. Tersedia: journals.plos.org.
- [4] detikFinance, "Tangkapan Nelayan Turun 50%, Harga Ikan Laut Melambung," 28-Jan-2014. [Online]. Tersedia: finance.detik.com.
- [5] A. Zainuddin, et al., "Spatio-Temporal Patterns of Suitable Skipjack Tuna Fishing Grounds in Indonesian Marine Fisheries Area 713 Using Remote Sensing," Sustainability, vol. 15, no. 16, Art. 12687, 2023. [Online]. Tersedia: mdpi.com (diakses 18-Oct-2025).
- [6] NASA GSFC OceanColor, "MODIS Chlorophyll-a Concentration (chlora)," Product page. [Online]. Tersedia: modis.gsfc.nasa.gov (diakses 18-Oct-2025).
- [7] Google Earth Engine, "Ocean Color SMI: MODIS-Aqua Level-3 (NASA/OCEANDATA/MODIS-Aqua/L3SMI)," Dataset page. [Online]. Tersedia: developers.google.com/earth-engine (diakses 18-Oct-2025).
- [8] Badan Informasi Geospasial (BIG), "SIBATNAS – Sistem Informasi Batimetri Nasional," 2025. [Online]. Tersedia: batnas.big.go.id.
- [9] Flutter, "Build apps for any screen," Documentation, 2024. [Online]. Tersedia: flutter.dev.
- [10] Express.js Foundation, "Express — web application framework for Node.js," Documentation, 2025. [Online]. Tersedia: expressjs.com.
- [11] J. Nielsen, "10 Usability Heuristics for User Interface Design," Nielsen Norman Group, 1994 (updated 2024). [Online]. Tersedia: nngroup.com.
- [12] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), "Maritim – Peringatan Dini Gelombang Tinggi," 2025. [Online]. Tersedia: maritim.bmkg.go.id.
- [13] Mersin, K., Alkan, G., & Mısrırođlu, T. (2017). *A new method for calculating fuel consumption and displacement of a ship in maritime transport*. Cogent Engineering, 4:1415107. <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1415107>