

SIG Berbasis Web untuk SDG 14 di ASEAN Menggunakan Metode Extreme Programming

Adinda Salsabila[#], Setiawan Hadi[#], Ino Suryana[#]

[#] Teknik Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, 45363, Indonesia
E-mail : [adinda21002\[at\]mail.unpad.ac.id](mailto:adinda21002[at]mail.unpad.ac.id), [setiawanhadi\[at\]unpad.ac.id](mailto:setiawanhadi[at]unpad.ac.id), [ino.suryana\[at\]unpad.ac.id](mailto:ino.suryana[at]unpad.ac.id)

ABSTRACTS

Sustainable Development Goal 14 focus on sustainable development in the marine sector by emphasizing key focus areas such as Marine Protected Areas, Total Fisheries Production, Aquaculture Production, and Capture Fisheries Production. The ASEAN region, with its rich marine biodiversity, faces serious threats, including overfishing. However, no interactive platform is currently available to comprehensively visualize relevant data. This research aims to develop a web-based Geographic Information System (GIS) to visualize SDG 14 data in ASEAN using the Extreme Programming approach. This study employs the Research and Development (R&D) method with an Extreme Programming approach, allowing iterative software development. Primary data, including marine protected areas and fisheries production, were obtained from reliable sources such as the World Bank and visualized using Leaflet.js with geospatial data in GeoJSON format. System testing was conducted through Black Box Testing and the System Usability Scale (SUS), integrated into a survey form completed by 32 respondents to assess the system's accuracy and ease of access. The test results indicate that the system can provide accurate and easily accessible information, with a Black Box Testing score of 99.79%. Additionally, the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) calculation resulted in a value of 0.21%, demonstrating a very high accuracy in system predictions. The SUS score reached 94.03%, reflecting a very high level of user satisfaction. This system successfully meets the need for SDG 14 data visualization, supports decision-making, and raises public awareness of marine ecosystem conservation in ASEAN..

Manuscript received Jun 03, 2025;
revised Jun 04, 2025. accepted Jun
11, 2025 Date of publication Jun
30, 2025. International Journal,
JITSI : Jurnal Ilmiah Teknologi
Sistem Informasi licensed under a
Creative Commons Attribution-
Share Alike 4.0 International
License



ABSTRAK

Sustainable Development Goal 14 berfokus pada pembangunan berkelanjutan di sektor kelautan dengan menekankan key focus area seperti Marine Protected Areas, Total Fisheries Production, Aquaculture Production, dan Capture Fisheries Production. Kawasan ASEAN, dengan keanekaragaman hayati lautnya menghadapi ancaman serius, termasuk penangkapan ikan berlebihan. Namun hingga kini, belum tersedia platform interaktif untuk memvisualisasikan data terkait secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web untuk memvisualisasikan data SDG 14 di ASEAN menggunakan pendekatan Extreme Programming. Metode penelitian ini menggunakan Research and Development (R&D) dengan pendekatan Extreme Programming, yang memungkinkan pengembangan perangkat lunak secara iteratif. Data utama, seperti kawasan perlindungan laut dan produksi perikanan, diperoleh dari sumber terpercaya seperti World Bank, dan divisualisasikan menggunakan Leaflet.js dengan data geospasial dalam format GeoJSON. Pengujian sistem dilakukan melalui Black Box Testing dan System Usability Scale (SUS) yang diintegrasikan ke dalam formulir survei dan diisi oleh 32 responden untuk menilai keakuratan dan

kemudahan akses sistem. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menyediakan informasi akurat dan mudah diakses, dengan skor Black Box Testing mencapai 99,79%. Selain itu, perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menghasilkan nilai 0,21%, yang menunjukkan akurasi yang sangat tinggi pada prediksi sistem. Skor SUS mencapai 94,03%, menunjukkan tingkat kepuasan pengguna yang sangat baik. Sistem ini berhasil memenuhi kebutuhan visualisasi data SDG 14, mendukung pengambilan keputusan, dan meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pelestarian ekosistem laut di ASEAN.

Keywords / Kata Kunci — *Sistem Informasi Geografis; Sustainable Development Goal 14; Extreme Programming; Visualisasi Data*

CORRESPONDING AUTHOR

Adinda Salsabila
Teknik Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, 45363, Indonesia
Email: adinda21002[at]mail.unpad.ac.id

1. PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals (SDG) menjadi fokus utama dalam agenda global yang dipromosikan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) [1]. Dari 17 tujuan yang ditetapkan, SDG 14 mengenai "Life Below Water" memiliki peranan penting dalam pelestarian ekosistem laut yang kini semakin terancam oleh berbagai aktivitas manusia, seperti polusi plastik dan penangkapan ikan berlebihan (overfishing) [2][3]. Negara-negara di kawasan ASEAN, dengan keberagaman hayati laut yang kaya, menghadapi ancaman serius terhadap keberlanjutan ekosistem laut, yang sangat bergantung pada kebijakan yang berbasis data yang valid dan terstandarisasi [4][5]. Namun, sampai saat ini belum ada platform yang menyediakan visualisasi komprehensif dari data terkait SDG 14 di kawasan ASEAN.

Kualitas data terkait SDG 14 sering kali bervariasi dan tersebar di berbagai sumber yang tidak mudah diakses. Berbagai indikator penting seperti Total Fisheries Production, Aquaculture Production, dan Marine Protected Areas (MPA) membutuhkan integrasi data dalam satu platform yang memudahkan pengguna untuk mengakses, menganalisis, dan membuat keputusan berbasis data [6][7]. Hal ini mengarah pada kebutuhan untuk mengembangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web yang dapat mengintegrasikan dan memvisualisasikan data SDG 14 dengan cara yang lebih interaktif dan mudah dipahami [8].

Sistem ini dirancang menggunakan metode Extreme Programming (XP), sebuah metode pengembangan perangkat lunak yang memungkinkan proses iteratif dan fleksibel sesuai dengan kebutuhan pengguna yang terus berkembang. Metode ini dipilih untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam menanggapi perubahan kebutuhan pengguna dengan cepat, serta untuk menjamin kualitas sistem yang lebih baik seiring dengan pengembangan yang dilakukan. Dengan menggunakan metode XP, sistem ini diharapkan dapat beradaptasi dengan baik terhadap perubahan dan terus memenuhi kebutuhan pengguna, termasuk masyarakat, pemerintah, dan organisasi konservasi laut di kawasan ASEAN [9][10]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D), yang difokuskan pada pengembangan sistem berbasis *web* yang interaktif. Pendekatan ini memungkinkan penelitian ini untuk menghasilkan produk berupa Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dapat memberikan solusi terhadap masalah pengelolaan dan pelestarian ekosistem laut di ASEAN. Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini mencakup eksplorasi kebutuhan sistem, pengembangan, dan pengujian sistem.

2.1. Eksplorasi Kebutuhan Sistem

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan sistem berdasarkan studi literatur dan identifikasi target pengguna, yaitu admin dan publik (masyarakat umum, pemerintah, dan organisasi konservasi laut). Analisis ini bertujuan untuk merancang sistem informasi geografis berbasis web yang mampu memvisualisasikan *key focus area* SDG 14 secara interaktif. Dari hasil analisis tersebut, dirancang fitur-fitur utama yang mendukung visualisasi data peta interaktif dan pengelolaan data melalui admin panel, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

Data yang digunakan dalam sistem ini berasal dari berbagai sumber terpercaya, salah satunya adalah informasi terkait kawasan konservasi laut. Informasi ini, sebagaimana disajikan dalam Tabel 2, mencakup persentase wilayah laut yang telah ditetapkan sebagai kawasan perlindungan oleh masing-masing negara ASEAN. Data tersebut diperoleh dari sumber seperti Protected Planet dan berperan penting dalam visualisasi kawasan konservasi dalam SIG, sehingga memungkinkan pengguna untuk melihat kontribusi setiap negara dalam upaya pelestarian ekosistem laut secara lebih komprehensif. Namun, perlu dicatat bahwa terdapat beberapa data dari negara tertentu

atau tahun tertentu yang tidak tersedia dalam sumber yang digunakan. Ketidaksediaan data tersebut ditandai dengan simbol "*" dalam penulisan ini.

TABEL 1. Kebutuhan Sistem Pengguna Publik dan Admin

Pengguna: Publik	
Fitur	Deskripsi
Visualisasi Peta Interaktif	Menampilkan peta ASEAN yang terintegrasi dengan data <i>key focus area</i> SDG 14.
Pop Up pada peta	Memungkinkan pengguna melihat data spesifik negara saat negara diklik pada peta.
Akses Detail Data Negara	Menyediakan informasi lengkap tentang <i>key focus area</i> SDG 14 untuk setiap negara dalam bentuk tabel.
Pengguna: Admin	
Create, Read, Update, Delete (CRUD) Data SDG 14	Mengelola data <i>key focus area</i> SDG 14 (tambah, baca, ubah, hapus) untuk semua negara ASEAN.
CRUD Data GeoJSON	Mengelola data GeoJSON untuk memperbarui batas wilayah geografis negara ASEAN.

TABEL 2. Data Marine Protected Areas

Nama Negara	<i>Marine Protected Areas (% of Territorial Waters)</i>		
	2020	2021	2022
Indonesia	3,1%	3,1%	3,1%
Malaysia	3,3%	5,6%	5,6%
Singapura	*	*	*
Thailand	4,4%	4,4%	4,4%
Filipina	1,2%	1,7%	1,7%
Brunei Darussalam	0,2%	0,2%	0,2%
Vietnam	0,6%	0,6%	0,6%
Laos	*	*	*
Myanmar	0,5%	0,5%	0,5%
Kamboja	1,4%	1,4%	1,4%

TABEL 3. Data Total Fisheries Production

Nama Negara	<i>Total Fisheries Production (Metric Tons)</i>		
	2020	2021	2022
Indonesia	21.834.095	21.718.023	22.032.425
Malaysia	1.791.562	1.755.709	1.892.541
Singapura	5.184	5.550	4.953
Thailand	2.600.397	2.405.438	2.386.672
Filipina	4.237.750	4.088.383	4.120.499
Brunei Darussalam	16.591	20.063	21.080
Vietnam	8.187.492	8.290.424	8.760.378
Laos	200.021	206.008	*
Myanmar	3.122.143	2.833.097	3.061.808
Kamboja	936.300	856.400	864.050

Selanjutnya, untuk memvisualisasikan produksi perikanan secara keseluruhan, Tabel 3 menyajikan informasi mengenai volume total produksi perikanan yang dihasilkan oleh negara-negara ASEAN. Data yang diperoleh dari World Bank ini sangat penting untuk menganalisis kapasitas produksi sektor perikanan di kawasan tersebut. Dengan menggunakan data ini, sistem dapat menampilkan informasi yang relevan, membantu pengguna dalam mengevaluasi kinerja sektor perikanan di kawasan ASEAN.

TABEL 4. Data Aquaculture Production

Nama Negara	<i>Aquaculture Production (Metric Tons)</i>		
	2020	2021	2022
Indonesia	14.845.014	14.493.523	14.633.869
Malaysia	400.517	417.478	574.182
Singapura	4.829	5.244	4.745
Thailand	1.011.538	990.854	1.001.181
Filipina	2.322.831	2.246.316	2.349.252
Brunei Darussalam	3.500	4.768	5.020
Vietnam	4.681.435	4.750.174	5.170.375
Laos	130.020	135.008	*
Myanmar	1.144.813	1.167.357	1.197.078
Kamboja	400.400	348.350	330.600

TABEL 5. Data Capture Fisheries Production

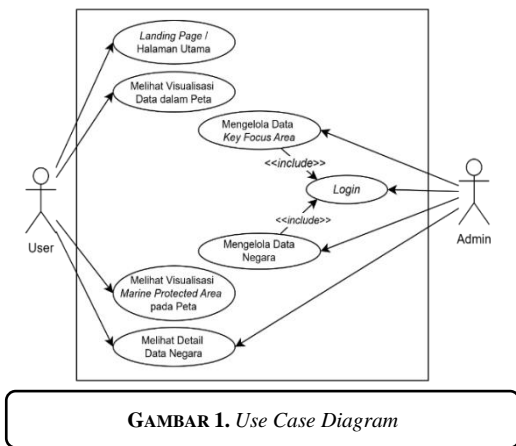
Nama Negara	<i>Capture Fisheries Production (Metric Tons)</i>		
	2020	2021	2022
Indonesia	6.989.080	7.224.501	7.398.555
Malaysia	1.391.045	1.338.231	1.318.359
Singapura	356	306	207
Thailand	1.588.859	1.414.584	1.385.491
Filipina	1.914.918	1.842.067	1.771.247
Brunei Darussalam	13.091	15.295	16.060
Vietnam	3.506.057	3.540.250	3.590.003
Laos	70.001	71.000	*
Myanmar	1.977.330	1.665.740	1.864.730
Kamboja	535.900	508.050	533.450

Selain itu, Tabel 4 menyediakan data mengenai produksi akuakultur, mencakup berbagai jenis perikanan budidaya yang berkembang di kawasan ASEAN. Data akuakultur ini berfungsi untuk menggambarkan potensi akuakultur di negara-negara ASEAN sebagai alternatif yang berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan pangan laut. Dengan informasi ini, pengguna dapat memantau pertumbuhan sektor akuakultur secara lebih rinci.

Terakhir, Tabel 5 berisi informasi tentang volume hasil tangkapan ikan liar di laut oleh negara-negara ASEAN. Data yang disajikan dalam tabel ini sangat penting untuk memahami kondisi perikanan tangkap di kawasan tersebut. Sama halnya dengan data sebelumnya, tabel ini mengacu pada data yang disediakan oleh lembaga terpercaya dan diolah untuk memberikan informasi yang akurat mengenai sektor perikanan tangkap.

2.2. Pengembangan Sistem

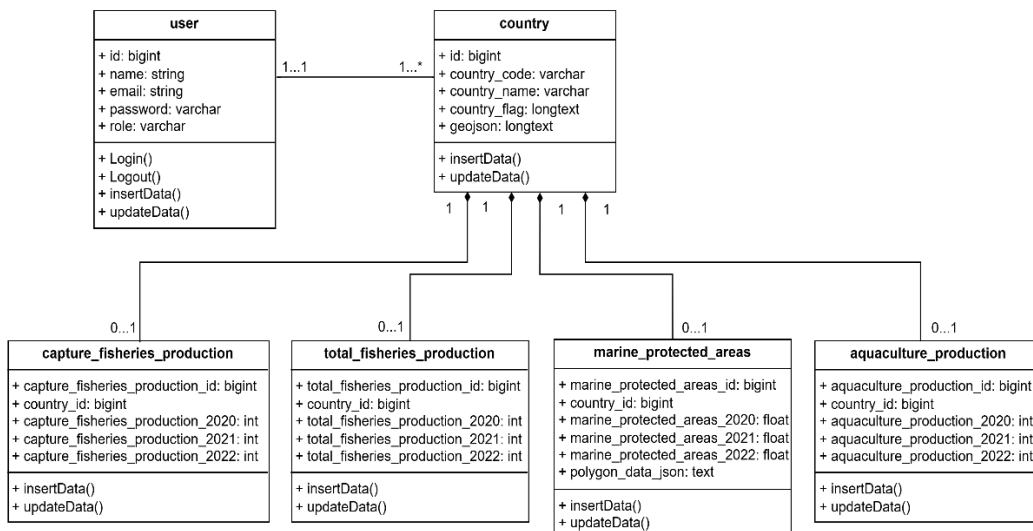
Pengembangan sistem ini menggunakan metode *Extreme Programming* (XP) untuk memastikan bahwa sistem dapat dengan cepat dan efektif merespons perubahan kebutuhan pengguna. Setiap tahap pengembangan dilakukan secara iteratif, dengan fokus pada peningkatan fungsionalitas sistem dan pengujian untuk memastikan bahwa sistem dapat memenuhi harapan pengguna. Metode ini memungkinkan *feedback* dari pengguna untuk diperhitungkan di setiap iterasi, sehingga setiap kebutuhan pengguna dapat dipenuhi secara bertahap.



GAMBAR 1. Use Case Diagram

Sistem dibangun menggunakan bahasa pemrograman *Hypertext Preprocessor* (PHP) dengan *framework* Laravel pada bagian *backend*, sementara untuk *frontend*, digunakan teknologi Leaflet.js untuk membuat peta interaktif yang memvisualisasikan data terkait SDG 14. Peta ini menggunakan konsep *choropleth maps*. Peta ini menggunakan skema warna sekuensial untuk menunjukkan perbedaan intensitas variabel, sehingga memudahkan pengguna untuk memahami distribusi data antar negara ASEAN. Untuk mendukung fungsionalitas sistem, analisis sistem dilakukan dengan membuat *Use Case Diagram* seperti pada Gambar 1 yang menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem.

Diagram ini memperlihatkan peran dan akses yang dimiliki oleh berbagai aktor, seperti admin yang memiliki akses penuh untuk mengelola data, sementara pengguna umum hanya memiliki akses terbatas. Diagram ini memastikan pembatasan akses fitur yang tepat untuk setiap tipe pengguna.



GAMBAR 2. Class Diagram

Selanjutnya, untuk menggambarkan struktur data dan hubungan antar entitas, digunakan *Class Diagram* yang terdiri dari enam kelas utama, yaitu: *user*, *country*, dan empat subclass *key focus area* yang mencakup *capture_fisheries_production*, *total_fisheries_production*, *marine_protected_areas*, dan *aquaculture_production*. Kelas *user* mewakili admin yang dapat melakukan pengelolaan data melalui metode seperti *insertData()* dan *updateData()*, serta melakukan autentikasi melalui *Login()* dan *Logout()*. Kelas *country* berfungsi sebagai referensi utama data negara, sementara *key_focus_area* mengelola data fokus utama yang terhubung dengan *country_id* melalui hubungan *one-to-many*. Setiap subclass *key focus area* menyimpan data historis untuk periode 2020 hingga 2022, memastikan pengelolaan data yang terstruktur dengan baik.

Dalam hal pengelompokan data, metode Standar Deviasi diterapkan pada *Capture Fisheries Production* dan *Total Fisheries Production*. Metode ini berfokus pada distribusi data di sekitar rata-rata dan simpangan baku. Perhitungan standar deviasi dilakukan dengan rumus berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (1)$$

Di mana S adalah standar deviasi, yang mengukur sejauh mana nilai-nilai data tersebar dari rata-rata, \bar{x} adalah nilai rata-rata, yang diperoleh dengan menjumlahkan semua nilai data dan membaginya dengan jumlah data, x_i merujuk pada setiap nilai data, yaitu setiap elemen yang ada dalam himpunan data, dan n adalah jumlah data, yang menunjukkan total jumlah elemen dalam kumpulan data.

Sementara itu, Metode Interval Kelas diterapkan pada *Aquaculture Production* dan *Marine Protected Areas*, dengan membagi rentang data menjadi interval yang sama. Pendekatan ini mempermudah visualisasi data jika distribusinya merata. Batas interval dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{Max - Min}{k} \quad (2)$$

Di mana I adalah interval kelas, Max adalah nilai maksimum data, Min adalah nilai minimum data, dan k adalah jumlah kelas yang diinginkan. Data kemudian dapat dikategorikan ke dalam lima kelas: *Very Low*, *Low*, *Medium*, *High*, dan *Very High*.

2.3. Pengujian Sistem

Setelah sistem selesai dikembangkan, pengujian dilakukan dengan dua metode utama, yaitu *Black Box Testing* dan *System Usability Scale (SUS)*. *Black Box Testing* bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh fitur sistem berfungsi dengan baik tanpa memperhatikan struktur kode internal atau logika di balik aplikasi. Pengujian ini fokus pada evaluasi *input* dan *output* sistem, memastikan bahwa antarmuka pengguna dan fungsionalitas sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Setiap fitur diuji dengan memberikan *input* yang sesuai, dan kemudian mengevaluasi *output* yang dihasilkan, tanpa menganalisis bagian internal kode sistem.

Untuk mengukur tingkat keberhasilan dalam *Black Box Testing*, digunakan persamaan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* untuk menghitung tingkat akurasi antara data aktual dan data prediksi yang dihasilkan oleh sistem. Rumus MAPE yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Dalam rumus ini, A_t adalah nilai aktual (data yang diukur dari sumber yang valid), F_t adalah nilai yang diprediksi oleh sistem, dan n adalah jumlah observasi atau titik data. MAPE mengukur kesalahan prediksi dalam bentuk persentase, dengan semakin kecil nilai MAPE menunjukkan bahwa sistem semakin akurat dalam memprediksi data [11]. Pengujian ini penting untuk menilai sejauh mana sistem dapat menghasilkan *output* yang mendekati nilai sebenarnya dalam konteks data yang digunakan, seperti produksi perikanan atau kawasan perlindungan laut.

Selain itu, untuk menilai kemudahan penggunaan dan kepuasan pengguna terhadap antarmuka dan fungsionalitas sistem, dilakukan pengujian menggunakan SUS. Setelah berinteraksi dengan sistem, pengguna diminta untuk mengisi kuesioner, dan skor SUS dihitung berdasarkan jawaban yang diberikan. Rumus perhitungan SUS adalah sebagai berikut:

$$SUS = 2.5 \times \left(\sum_{n=1}^5 (U_{2n-1} - 1) + (5 - U_{2n}) \right) \quad (4)$$

Dalam rumus SUS, untuk item bernomor ganjil U_{2n-1} , nilai dikurangi 1, sedangkan untuk item bernomor genap U_{2n} , nilai dikurangi dari 5. Hasil perhitungan ini kemudian dikalikan dengan 2,5 untuk menghasilkan skor akhir, yang berada dalam rentang 0 hingga 100. Skor SUS di atas 68 dianggap sebagai rata-rata, dengan skor yang lebih tinggi menunjukkan kualitas sistem yang baik, sementara skor yang lebih rendah menunjukkan adanya masalah dalam sistem [12]

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil yang disajikan menekankan pada temuan utama terkait fungsionalitas sistem, kemudahan penggunaan, dan efektivitas sistem dalam memvisualisasikan data SDG 14. Data yang diperoleh dari pengujian dan analisis digunakan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja sistem dan dampaknya terhadap pengguna serta bagaimana sistem memenuhi tujuan yang telah ditetapkan.

3.1. Implementasi Program

Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk memvisualisasikan data terkait SDG 14 secara interaktif melalui peta yang mencakup kawasan perlindungan laut, produksi perikanan, dan akuakultur di negara-negara ASEAN. Salah satu fitur utama sistem adalah peta interaktif, yang memberikan tampilan data secara visual dan memudahkan pengguna dalam memahami dan menganalisis kondisi SDG 14. Implementasi peta ini menggunakan teknologi Leaflet.js, yang memungkinkan penambahan layer data geospasial berbasis GeoJSON ke dalam peta. Berikut adalah potongan kode yang digunakan untuk mengintegrasikan data ke dalam peta interaktif:

Potongan *script*/kode perhitungan statistik

```
function calculateStatistics(values) {  
  const sum = values.reduce((a, b) => a + b, 0);  
  const avg = (sum / values.length).toFixed(2);  
  const min = Math.min(...values);  
  const max = Math.max(...values);  
  const stdDev = Math.sqrt(values.reduce((a, b) => a + Math.pow(b - avg, 2), 0) / (values.length - 1)).toFixed(2);  
  return { avg, min, max, stdDev };  
}
```

Potongan *script*/kode pewarnaan pada peta

```
function getColorStdDev(value, stats) {  
  if (value <= avg - 2 * stdDev) return "#ffffcc";  
  if (value <= avg - stdDev) return "#a1dab4";  
  if (value <= avg) return "#41b6c4";  
  if (value <= avg + stdDev) return "#2c7fb8";  
  return "#253494";  
}
```

Potongan *script*/kode memuat data dari API dan memperbarui peta

```
function fetchDataAndUpdateMap(apiUrlBase, year, method) {  
  const apiUrl = `${apiUrlBase}?year=${year}`;  
  fetch(apiUrl)  
    .then(response => response.json())  
    .then(data => {  
      if (window.geoJsonLayer) {  
        map.removeLayer(window.geoJsonLayer);  
      }  
      const values = data.features  
        .map(f => f.properties.value)  
        .filter(v => v !== null);  
      const stats = calculateStatistics(values);  
      const getColorFunction = method === "linear" ? getColorLinear : getColorStdDev;  
      window.geoJsonLayer = L.geoJSON(data, {  
        style: feature => {  
          const value = feature.properties.value;  
          return {  
            color: '#3388ff',  
            weight: 1,  
            opacity: 1,  
            fillColor: value !== null ? getColorFunction(value, stats) : "#cccccc",  
            fillOpacity: 0.7  
          };  
        },  
        onEachFeature: (feature, layer) => {  
          const countryName = feature.properties.name;  
          let value = feature.properties.value;  
          layer.bindPopup(  
            `

` +  
              `



---



---

JITSI : Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi, Volume 6 No 2, June 2025, Hal 146 - 155


```

```

        `<strong style="font-size: ${valueFontSize};">${formattedValue}</strong>` +
        `</div>`
    );
}
}).addTo(map);
})
.catch(error => console.error("Error fetching data:", error));
}
    
```

Halaman peta merupakan salah satu implementasi sistem informasi geografis berbasis *web* yang digunakan untuk memvisualisasikan empat data *key focus area* dalam SDG 14. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, pengguna memiliki fleksibilitas untuk memilih kategori *key focus area* serta tahun data yang tersedia. Pemilihan ini secara otomatis memperbarui tampilan peta dan memungkinkan pengguna untuk memahami variasi data antar negara di kawasan ASEAN secara lebih interaktif dan mendalam.



GAMBAR 3. Halaman Pesebaran Peta



GAMBAR 4. Halaman Peta *Marine Protected Areas* Indonesia

Hasil akhirnya adalah visualisasi peta interaktif yang menampilkan data dalam bentuk *choropleth map* menggunakan *library* Leaflet.js. Nilai spesifik setiap negara ditampilkan dalam *pop up* interaktif ketika wilayah diklik, membantu pengguna dalam melakukan analisis terhadap data yang divisualisasikan. Gambar 4 menunjukkan tampilan halaman peta *Marine Protected Areas* untuk negara Indonesia, kawasan dengan warna gradasi biru menunjukkan distribusi lokasi-lokasi yang termasuk dalam *Marine Protected Areas*. Berikut adalah potongan kode yang digunakan untuk mengintegrasikan data ke dalam peta interaktif:

Potongan *script*/kode menampilkan *marine protected area*

```

fetch("{ $polygonsPath }")
    .then(response => response.json())
    .then(data => {
        polygonsLayer = L.geoJSON(data, {
            style: {
                color: '#2c7fb8',
                fillColor: '#41b6c4',
                fillOpacity: 0.6,
                weight: 1
            }
        });
    }).addTo(map);
});
    
```

Selain tampilan yang dapat dilihat oleh pengguna umum, terdapat juga tampilan untuk pengelolaan data oleh admin. Halaman manajemen data dalam sistem ini dirancang untuk mempermudah admin dalam mengelola informasi terkait wilayah negara dan *key focus area* SDG 14. Fitur utama yang disediakan mencakup penambahan, pengeditan, dan penghapusan data. Seperti yang terlihat pada Gambar 5, halaman ini dapat diakses melalui sidebar dan menampilkan daftar data yang sudah ada dalam bentuk tabel, yang mencakup informasi dari empat *key focus area* dari negara-negara ASEAN.

Country Name	Country Code	Country Flag	AP-2020	AP-2021	AP-2022	TYP-2020	TYP-2021
<input type="checkbox"/> Indonesia	IDN		14845014	14693523	14833869	21834095	21718023
<input type="checkbox"/> Malaysia	MYS		400517	417478	514182	1795562	1755709
<input type="checkbox"/> Singapore	SGP		4829	5244	4745	5184	5550
<input type="checkbox"/> Cambodia	KHM		400400	348350	330600	696300	854400

GAMBAR 5. Halaman Manajemen Data

3.2. Peluncuran dan Pengujian Sistem

Sistem diimplementasikan ke server produksi menggunakan *platform* Hostinger untuk memastikan aplikasi berjalan dengan optimal dan efisien. Dengan menggunakan cPanel dari Hostinger, semua *file* dan pengaturan terkait aplikasi dikelola secara langsung melalui *file manager*. Setiap perubahan yang dilakukan pada *file manager*, seperti pembaruan kode atau konfigurasi, akan secara otomatis diterapkan dan memicu pembaruan pada website. Mekanisme *deployment* ini memungkinkan sistem untuk selalu terbaru dan dapat diakses dengan lancar oleh pengguna maupun admin, tanpa memerlukan proses manual tambahan. *Website* sistem informasi geografis untuk SDG 14 dapat diakses melalui tautan <https://sdg14asean.site/>.

Setelah proses pengembangan sistem selesai, dilakukan tahapan peluncuran dan pengujian sistem. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna, baik dari segi fungsionalitas maupun pengalaman pengguna. Metode pengujian yang digunakan mencakup *Black Box Testing* dan *System Usability Scale* (SUS). Kuesioner yang digunakan untuk evaluasi ini mencakup pertanyaan-pertanyaan yang berfokus pada skenario pengujian yang dapat dicoba oleh responden. Sebanyak 32 responden yang mengikuti survei terbagi ke dalam tiga kelompok usia dengan berbagai latar belakang pekerjaan. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran pengalaman pengguna yang lebih beragam terhadap sistem.

Pengujian *Black Box Testing* dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas sistem secara menyeluruh tanpa memperhatikan implementasi internalnya. Pengujian ini mencakup total 15 skenario fitur pengguna dan admin yang dirancang berdasarkan spesifikasi sistem seperti pada Tabel 6.

TABEL 6. Kuesioner *Black Box Testing*

Fitur	Pertanyaan	Hasil
Halaman Utama	Apakah halaman utama menampilkan informasi yang jelas mengenai tujuan <i>website</i> ?	100%
Tombol "Explore Data Map"	Apakah pengguna diarahkan ke halaman visualisasi peta setelah tombol "Explore Data Map" diklik?	100%
Visualisasi Data dalam Peta	Apakah halaman visualisasi peta memuat empat tombol bertuliskan <i>Aquaculture Production</i> , <i>Capture Fisheries Production</i> , <i>Marine Protected Areas</i> , dan <i>Total Fisheries Production</i> , dengan peta Leaflet di bawahnya?	96.88%
	Apakah peta diperbarui dan menampilkan warna?	100%
	Apakah muncul keterangan dari warna-warna tersebut?	100%
Halaman Daftar Negara ASEAN	Apakah <i>pop up</i> muncul dengan informasi berdasarkan negara yang dipilih?	100%
Halaman Detail Data Negara ASEAN	Apakah peta terlihat mengalami pembaruan?	100%
Visualisasi Marine Protected Area pada peta	Apakah pengguna diarahkan ke halaman <i>country report</i> yang menampilkan daftar negara?	100%
Log In Admin	Apakah penguji diarahkan ke halaman yang menampilkan 4 tabel data dari negara yang dipilih?	100%
	Apakah penguji diarahkan ke halaman yang menampilkan peta dengan visualisasi <i>marine protected area</i> ?	100%
Halaman Data Negara ASEAN	Apakah penguji mendapatkan pesan error "These credentials do not match our records"?	100%
CRUD data negara ASEAN	Apakah penguji diarahkan ke <i>dashboard</i> panel dengan pilihan menu pada sidebar?	100%
	Apakah daftar negara ASEAN lengkap dengan kolom data ditampilkan pada halaman?	100%
	Apakah formulir input untuk menambahkan negara baru muncul?	100%
	Apakah notifikasi "created" muncul dan data baru ditambahkan ke tabel?	100%
	Apakah formulir untuk mengedit data <i>key focus area</i> dari negara yang dipilih muncul dengan benar?	100%
	Apakah formulir untuk mengedit data <i>key focus area</i> dari negara yang dipilih muncul dengan benar?	100%
	Apakah notifikasi "saved" muncul dan data yang diedit berubah pada tabel?	100%
	Apakah tombol "Delete" berfungsi dengan benar dan memberikan konfirmasi penghapusan data?	100%
	Apakah data negara berhasil dihapus?	100%
	Log Out	Apakah tombol "Log Out" berfungsi dengan benar dan menampilkan kembali halaman <i>Log In</i> ?

Hasil dari *black box testing* menunjukkan bahwa hampir seluruh fungsionalitas aplikasi berjalan dengan baik, dengan rata-rata tingkat keberhasilan fitur sebesar 99,79%. Namun, terdapat satu kendala yang ditemukan oleh seorang responden pada fitur visualisasi data dalam peta, yaitu ketika memuat data baru setelah perubahan pada *key focus area*. Setelah dianalisis, masalah ini disebabkan oleh data yang terhenti (*stuck*), yang mengakibatkan pembaruan data *key focus area* tidak terjadi. Hal ini sering kali disebabkan oleh koneksi internet yang tidak stabil dari sisi pengguna, yang menghambat proses pembaruan data sehingga pengguna harus memuat ulang halaman tersebut. Dari persentase keberhasilan fungsionalitas yang telah didapatkan, dapat dihitung juga MAPE untuk mengetahui akurasi persentase keberhasilannya. Perhitungan MAPE didapatkan hasil 0,21% yang menunjukkan bahwa nilai yang diprediksi dan nilai aktual sangat kecil, sehingga model peramalan dapat dianggap “sangat akurat”.

Kuesioner SUS terdiri dari 10 pertanyaan standar yang mengukur kemudahan penggunaan, efisiensi, dan kepuasan pengguna terhadap sistem yang dirincikan pada Tabel 7. Setiap pertanyaan diberikan skor menggunakan skala Likert (1-5), di mana "1" berarti "Sangat Tidak Setuju" dan "5" berarti "Sangat Setuju".

TABEL 7. Kuesioner SUS

Kode Pertanyaan	Pertanyaan
Q-01	Saya merasa sistem ini mendukung aktivitas pengguna dengan baik.
Q-02	Saya merasa sistem ini rumit untuk digunakan.
Q-03	Saya merasa sistem ini praktis untuk digunakan.
Q-04	Saya memerlukan bantuan orang lain untuk menggunakan sistem ini.
Q-05	Saya merasa fitur-fitur dalam sistem ini berfungsi dengan baik.
Q-06	Sistem ini tidak memberikan respons yang cepat saat saya berinteraksi dengan fitur-fitur tertentu.
Q-07	Saya menemukan fitur dalam sistem ini konsisten dan stabil.
Q-08	Saya merasa sistem ini membingungkan dalam penggunaannya.
Q-09	Saya merasa desain antarmuka sistem nyaman digunakan di perangkat saya. Sistem ini tidak memenuhi ekspektasi saya dalam hal fungsionalitas.
Q-10	Saya merasa sistem ini mendukung aktivitas pengguna dengan baik.

Berdasarkan hasil pengujian, skor SUS yang tercantum pada Tabel 8 menunjukkan bahwa sistem memperoleh skor rata-rata 94,03, yang masuk dalam kategori A+. Hal ini menunjukkan bahwa sistem secara keseluruhan telah memenuhi harapan pengguna terkait kemudahan penggunaan, efisiensi, dan kepuasan secara keseluruhan.

TABEL 8. Hasil Kuesioner SUS

Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Skor SUS
R1	5	1	5	4	5	2	4	1	5	1	87,5
R2	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R3	4	2	5	1	5	1	5	1	5	1	95
R4	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R5	5	1	5	1	5	1	5	2	5	1	97,5
R6	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1	97,5
R7	5	2	4	1	4	1	3	1	5	1	87,5
R8	4	1	5	1	2	1	5	1	5	1	90
R9	5	1	5	3	5	1	5	5	5	1	85
R10	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R11	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1	97,5
R12	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R13	5	1	5	5	5	1	5	1	5	1	90
R14	5	1	5	2	5	1	5	2	5	1	95
R15	5	1	5	1	5	1	5	2	5	1	97,5
R16	5	1	5	1	5	1	5	2	5	1	97,5
R17	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R18	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R19	4	1	4	1	5	1	5	2	4	1	90
R20	5	5	4	4	4	3	4	5	5	1	60
R21	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R22	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100

Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Skor SUS
R23	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R24	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1	97,5
R25	5	1	5	1	5	1	5	1	4	1	97,5
R26	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R27	5	2	5	2	3	1	5	1	5	2	87,5
R28	4	1	5	1	4	1	5	1	3	2	87,5
R29	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R30	5	2	4	3	5	5	4	1	5	1	77,5
R31	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
R32	5	4	5	1	5	5	5	2	3	1	75
Rata-Rata Skor SUS											94,03

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kebutuhan dan fungsionalitas yang dilakukan dengan pendekatan iteratif, sistem dikembangkan dengan fokus pada kebutuhan pengguna, baik admin maupun publik. Setiap iterasi menghasilkan versi sistem yang lebih mendekati tujuan akhir, yaitu admin yang mengelola data dan publik yang memanfaatkan visualisasi peta. *Backend* sistem menggunakan Laravel dan PHP, sementara peta interaktif dibangun dengan Leaflet.js dan JavaScript untuk menampilkan data SDG 14 antar negara ASEAN. Fitur interaktif seperti zoom dan pop-up memungkinkan akses informasi rinci setiap negara.

Pengelolaan data dilakukan menggunakan Laravel Filament, yang memfasilitasi CRUD data negara dan *key focus area* SDG 14, serta pembaruan data yang cepat dan efisien. Metode *Extreme Programming* (XP) diterapkan untuk memberikan fleksibilitas tinggi, memungkinkan perubahan sistem secara cepat tanpa mengganggu fungsionalitas utama. Pengujian sistem dengan 32 responden menghasilkan skor *Black Box Testing* sebesar 99,79% dan MAPE 0,21%, menunjukkan akurasi sangat tinggi. Hasil *System Usability Scale* (SUS) dengan skor rata-rata 94,03 mengindikasikan bahwa sistem memiliki usability tinggi dan diterima dengan sangat baik oleh pengguna

REFERENSI

- [1] United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- [2] United Nations. (2020). The sustainable development goals report 2020. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>
- [3] Jambeck, J. R. et al. (2015) 'Plastic waste inputs from land into the ocean', Science, 347(6223), pp. 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- [4] Jan Kraak, M., Ricker, B. and Engelhardt, Y. (2018) 'Challenges of mapping sustainable development goals indicators data', ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(12), 482. <https://doi.org/10.3390/ijgi7120482>
- [5] ASEAN. (2020). ASEAN Sustainable Development Goals Indicators Baseline Report. <https://asean.org/book/asean-sustainable-development-goals-sdg-indicators-baseline-report-2020/>
- [6] FAO. (2022). Global aquaculture production statistics database. <https://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>
- [7] Food and Agriculture Organization. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en>
- [8] Nguyen, T. P., et al. (2023). Web-based GIS for marine biodiversity monitoring in Southeast Asia. Journal of Marine Science and Engineering, 11(2), 315. <https://doi.org/10.3390/jmse11020315>
- [9] Beck, K., & Andres, C. (2005). Extreme programming explained: Embrace change (2nd ed.). Addison-Wesley.
- [10] Sharma, D., & Singh, R. (2023). Agile methodologies for rapid software development: A review. Software Engineering Review, 45, 101234. <https://doi.org/10.1016/j.ser.2023.101234>
- [11] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3rd ed.). OTexts.
- [12] Sauro, J. and Lewis, J. R. (2015) Quantifying the User Experience. Waltham: Elsevier Inc