

An Examination of Climate Change Phenomena in Coastal Areas and Small Islands (Case Study: Mapur Island, Bintan Regency)

Kajian Fenomena Perubahan Iklim Pada Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil (Pulau Mapur Kabupaten Bintan)

Rio Saputra^{1*}, Khodijah Ismail¹, Dony Apdillah¹

¹Universitas Maritim Raja Ali Haji Tanjungpinang, Kepulauan Riau, Indonesia

*surel: rio.saputra25@outlook.com

ABSTRACT

Climate change has affected the availability of local food on small islands such as Mapur Island in Bintan Regency. Global climate change has become a critical environmental issue worldwide, drawing attention not only in Indonesia but also across other nations. This global phenomenon influences various aspects of life in Indonesia, particularly in small islands and coastal regions such as Bintan Island. To understand the dynamics of climate change on Mapur Island, it is essential to identify the most relevant indicators of climate change. Small islands and coastal areas like Mapur are highly vulnerable to climate change due to their dependence on local natural resources and ecologically sensitive environments. This study aims to analyze the climate changes occurring on Mapur Island. It employs a mixed-methods approach, integrating both quantitative and qualitative methodologies to examine the impact of climate change on the availability of local food in Mapur Island, Bintan Regency. A stratified proportional random sampling technique was used in the data collection process. The findings indicate that Mapur Island has experienced significant fluctuations in weather variables attributable to climate change. Notably, maximum wind speeds demonstrated sharp fluctuations, with pronounced wind surges occurring between late 2020 and early 2021, as well as from 2022 to 2023.

ABSTRAK

Perubahan iklim telah mempengaruhi ketersediaan pangan lokal di pulau-pulau kecil seperti Pulau Mapur di Kabupaten Bintan. Perubahan iklim global menjadi isu lingkungan penting dunia dewasa ini, artinya dibicarakan di Indonesia dan di negara-negara lain di seluruh dunia. Perubahan iklim global mempengaruhi berbagai aspek kehidupan di Indonesia, terutama di pulau-pulau kecil dan wilayah pesisir seperti Pulau Bintan. Dalam upaya memahami fenomena perubahan iklim di Pulau Mapur, penting untuk mengidentifikasi indikator perubahan iklim yang paling relevan. Pulau-pulau kecil dan wilayah pesisir seperti Mapur sangat rentan terhadap perubahan iklim karena ketergantungan mereka pada sumber daya alam lokal dan ekosistem yang sensitif. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan iklim yang terjadi di Pulau Mapur. Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran (mixed methods) yang menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif untuk mengkaji fenomena perubahan iklim terhadap ketersediaan pangan lokal di Pulau Mapur, Kabupaten Bintan. Pengambilan sampel menggunakan metode acak berstrata proporsional. Hasil penelitian ini meliputi Pulau Mapur mengalami fluktuasi signifikan dalam variabel cuaca yang dapat dikaitkan dengan perubahan iklim dan Kecepatan angin maksimum menunjukkan fluktuasi yang cukup tajam, dengan lonjakan angin yang terjadi pada akhir tahun 2020 hingga awal 2021 dan 2022 hingga 2023.

Keywords:

Climate Change,
Coastal Areas,
Island Regions,
Rainfall,
Air Temperature

Received: June 20th 2025

Reviewed: July 12nd 2025

Published: August 31st 2025

Kata Kunci:

Perubahan Iklim,
Area Pesisir,
Area Pulau-pulau,
Curah Hujan,
Suhu Udara

Diterima: 20 Juni 2025

Direview: 12 Juli 2025

Dipublikasi: 31 Agustus 2025



PENDAHULUAN

Pulau-pulau kecil dan daerah pesisir di Indonesia memiliki karakteristik unik serta SDA berharga untuk berperan pada ekosistem dan ekonomi perairan Indonesia. Pulau-pulau kecil ini memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem laut dan pesisir serta mendukung keanekaragaman hayati.

Berdasarkan data yang tersedia, kontribusi negara-negara kepulauan kecil dan berkembang (Small Island Developing States/SIDS) terhadap total emisi gas rumah kaca secara global tercatat sangat rendah, yakni kurang dari 1% dari keseluruhan emisi atau secara rata-rata, SIDS hanya mengemisikan sekitar 1,5% gas rumah kaca dibandingkan dengan negara-negara industri, tetapi perubahan iklim menimbulkan banyak ancaman terhadap pulau-pulau kecil dan daerah pesisir, yang secara signifikan berdampak pada lingkungan dan komunitas lokal [1].

Pulau-pulau ini sangat rentan karena keterbatasan lahan, keterisolasi, keterbatasan ekonomi, keterbatasan akses SDA, pangan dan SDM yang terampil sehingga menghambat kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan perubahan kondisi iklim [2].

Pulau Mapur merupakan pulau di Kabupaten Bintan, dengan luas hanya 48 km² dan populasi sekitar 976 jiwa adalah contoh pulau kecil yang rentan terhadap perubahan iklim. Berdasarkan data dari Bintan, lebih dari 70% penduduk Pulau Mapur bergantung pada sektor perikanan dan pertanian skala kecil untuk pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari [3].

Upaya untuk meningkatkan ketahanan pangan lokal harus menjawab tantangan-tantangan yang beragam dan ketergantungan ekonomi pada sumber pangan yang terbatas. Tentunya mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh perubahan iklim terhadap ketersediaan pangan lokal membutuhkan pemahaman yang komprehensif tentang dinamika sistem lingkungan dan manusia, serta pengembangan mekanisme tata kelola yang efektif untuk mendukung respons adaptif [4]. Dibutuhkan kebijakan holistik dan strategi adaptasi sangat penting untuk membangun ketahanan dalam rantai pasokan pangan dan untuk memitigasi konsekuensi sosial ekonomi dari perubahan iklim [5].

Perubahan iklim telah mempengaruhi ketersediaan pangan lokal di pulau-pulau kecil seperti Pulau Mapur di Kabupaten Bintan. Perubahan pola hujan, peningkatan suhu, serta meningkatnya kejadian cuaca ekstrem berdampak signifikan pada produksi pangan lokal yang bergantung pada perikanan dan pertanian lokal. Ketidakpastian iklim yang tidak menentu mengancam kelangsungan perikanan yang menjadi sumber utama makanan bagi masyarakat. Selain itu, keterbatasan akses terhadap teknologi dan sumber daya, menuntut kemampuan masyarakat dalam beradaptasi dengan perubahan ini, sehingga mengancam ketahanan pangan lokal.

Konsep Perubahan Iklim

Perubahan iklim mengacu pada transformasi jangka panjang terhadap pola cuaca rata-rata di suatu kawasan, yang mencakup variabel-variabel utama seperti temperatur, intensitas curah hujan, serta pola angin. Hal ini menunjukkan bahwa pola cuaca di berbagai wilayah berubah selama beberapa dekade ke depan, termasuk peningkatan dalam kondisi cuaca ekstrem.

Iklim secara alami mengalami perubahan dari tahun ke tahun dan antar dekade, yang disebabkan oleh proses alami yang melibatkan interaksi antara atmosfer, lautan, dan daratan, serta variasi dalam output energi matahari. Namun, perubahan iklim yang terjadi saat ini sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas manusia, yang menjadi faktor dominan di balik perubahan iklim global masa kini [6].

Iklim

"Iklim", yang berasal dari kata "cuaca" dalam bahasa Indonesia, mengacu pada variasi suhu, angin, hujan, dan kondisi atmosfer lainnya selama periode waktu yang lama. Cuaca, yang menggambarkan kondisi atmosfer dalam jangka waktu singkat, berbeda dengan iklim [7]. Definisi ini mencakup berbagai elemen atmosfer seperti suhu, kelembapan, curah hujan, dan angin yang diukur selama periode minimal 30 tahun. Namun, itu dapat berubah dalam jangka waktu yang lebih lama karena perubahan iklim atau proses alam lainnya yang dilakukan oleh manusia [8]. Meskipun iklim umumnya dianggap sebagai fenomena jangka panjang, sangat penting untuk memahami variabilitas dan kemungkinan perubahannya secara meteorologis dalam rentang waktu yang lebih pendek. Ini

sangat penting untuk menilai dampak perubahan iklim pada skala lokal dan regional serta untuk merencanakan dan merancang infrastruktur yang tahan terhadap perubahan iklim di masa depan [9].

Iklim di Indonesia benar-benar beragam, karakteristik yang disebabkan oleh lokasi geografis negara itu, yang membentang di seluruh kepulauan besar di sepanjang ekor. Karena lokasi geografis ini, Indonesia memiliki iklim tropis dengan kelembaban tinggi dan dua musim utama: musim hujan dan musim kering [10]. Keanekaragaman iklim juga dipengaruhi oleh topografi negara, termasuk pegunungan dan laut, yang dapat menciptakan iklim mikro dalam zona iklim yang lebih besar.

Menariknya, sementara lokasi geografis berkontribusi pada keragaman iklim, itu juga menempatkan Indonesia dalam posisi rentan dalam hal dampak perubahan iklim seperti kenaikan permukaan laut, yang mengancam kedaulatan perbatasan maritimnya karena potensi tenggelamnya pulau-pulau terpencil kecil [10].

Fenomena Iklim Global

Perubahan iklim global saat ini merupakan salah satu isu lingkungan yang paling mendesak dan menjadi sorotan di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Dampaknya terasa secara luas, terutama di wilayah-wilayah yang rentan seperti pulau-pulau kecil dan kawasan pesisir, termasuk Pulau Bintan. Terletak di dekat garis ekuator, Pulau Bintan memiliki iklim tropis yang ditandai oleh curah hujan tinggi dan suhu udara yang relatif stabil sepanjang tahun. Namun demikian, fenomena iklim global seperti El Niño–Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) turut menciptakan dinamika cuaca yang kompleks dan menimbulkan tantangan tersendiri bagi wilayah tersebut memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap fluktuasi kondisi cuaca di wilayah tersebut. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pada saat terjadi fase El Niño, terjadi peningkatan suhu permukaan laut yang berpotensi menurunkan intensitas curah hujan dan mengganggu kestabilan pola cuaca lokal. Sebaliknya, kondisi IOD positif dapat mengakibatkan curah hujan yang lebih rendah, sementara IOD negatif sering kali berhubungan dengan peningkatan curah hujan [11].

Dampak dari perubahan iklim ini sangat nyata bagi masyarakat pesisir Bintan, yang bergantung pada sumber daya laut dan pertanian. Dalam konteks ini, analisis terhadap data curah hujan, suhu udara, suhu permukaan laut, dan pola angin sangat penting untuk memahami dampak perubahan iklim di Pulau Bintan.

Parameter iklim

Parameter iklim merupakan unsur-unsur cuaca yang diukur dan diamati secara rutin dalam jangka waktu panjang untuk menggambarkan kondisi iklim suatu wilayah. Beberapa parameter iklim utama di Indonesia meliputi:

A. Suhu Udara

Suhu udara merupakan salah satu indikator utama dalam studi klimatologi karena mencerminkan tingkat panas atau dingin suatu wilayah. Parameter ini umumnya dinyatakan dalam satuan derajat Celsius atau Fahrenheit, dan nilainya dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti ketinggian tempat, letak geografis, serta kondisi atmosfer setempat. Sebagai bagian dari wilayah tropis, Indonesia memiliki pola suhu yang relatif konsisten sepanjang tahun. Di dataran rendah, suhu tahunan rata-rata berkisar antara 26°C hingga 28°C, sedangkan di daerah dataran tinggi, terjadi penurunan suhu sekitar 0,6°C untuk setiap kenaikan elevasi sebesar 100 meter. Variasi suhu harian atau diurnal lebih signifikan dibandingkan variasi musiman, dengan perbedaan suhu harian mencapai 5-8°C di dataran rendah dan 8-12°C di dataran tinggi. Hal ini menunjukkan pentingnya memantau perubahan suhu secara rutin, terutama di area yang memiliki perbedaan topografi yang mencolok.

B. Curah Hujan

Curah hujan merupakan parameter iklim yang mengukur volume air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dalam jangka waktu tertentu. Indikator ini memiliki peranan krusial, khususnya dalam pengelolaan sektor pertanian dan sumber daya air. Di Indonesia, curah hujan menunjukkan tingkat variabilitas yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Pola curah hujan di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain letak geografis

sebagai negara kepulauan tropis, sistem sirkulasi monsun, fenomena ENSO, serta karakteristik topografi setempat [12].

Untuk mendukung analisis dan prediksi yang lebih akurat, BMKG telah membagi wilayah Indonesia ke dalam beberapa Zona Musim (ZOM). Secara umum, Indonesia mengalami dua musim utama, yakni musim hujan yang berlangsung dari bulan Oktober hingga Maret, dan musim kemarau dari April hingga September. Namun demikian, pola dan durasi kedua musim ini dapat berbeda secara signifikan di setiap daerah. Faktor iklim global seperti ENSO turut memberikan pengaruh yang besar terhadap distribusi curah hujan; fenomena El Niño cenderung menyebabkan kondisi lebih kering, sedangkan La Niña sering dikaitkan dengan peningkatan curah hujan. Selain itu, IOD dan MJO juga sebagai faktor yang memengaruhi dinamika curah hujan di Indonesia [12].

C. Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan parameter iklim yang penting karena menggambarkan kandungan uap air di atmosfer. Fauzi et al tahun 2023 mengatakan di Indonesia, kelembaban udara relatif (RH) umumnya berkisar antara 70-95%, mencerminkan karakteristik iklim tropis kepulauan. Kelembaban ini memiliki peran krusial dalam siklus hidrologi dan mempengaruhi kenyamanan termal serta berbagai aktivitas biologis, menjadikannya salah satu indikator iklim yang esensial untuk dipantau [13].

Distribusi kelembaban udara di Indonesia menunjukkan pola yang bervariasi secara geografis. Wilayah yang memiliki tutupan lahan bervegetasi cenderung memiliki kelembaban yang lebih tinggi dibandingkan dengan area urban atau lahan terbuka. Daerah pegunungan dan hutan tropis mencatatkan kelembaban relatif tertinggi, sementara wilayah perkotaan dan kawasan industri umumnya menunjukkan nilai yang lebih rendah. Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa faktor utama, seperti suhu udara, intensitas radiasi matahari, tutupan lahan, vegetasi, topografi, dan ketinggian tempat. Sirkulasi atmosfer regional dan global, serta fenomena seperti El Niño Southern Oscillation (ENSO), juga mempengaruhi variabilitas kelembaban udara di berbagai daerah.

D. Tekanan Udara

Tekanan udara adalah gaya yang diberikan oleh berat udara di atas suatu permukaan. Pengukuran tekanan udara penting untuk analisis dan prediksi cuaca. Tekanan udara merupakan parameter iklim fundamental yang memiliki peran penting dalam dinamika atmosfer dan iklim global. Menurut Cambaza et al tahun 2020, tekanan atmosfer bertanggung jawab atas pergerakan udara (angin), pembentukan awan, dan pada akhirnya mempengaruhi curah hujan serta kelembaban. Sesuai dengan hukum Gay Lussac, tekanan dan suhu memiliki hubungan yang berbanding terbalik, dimana peningkatan pada satu variabel akan menyebabkan penurunan pada variabel lainnya [14].

Tekanan udara mempengaruhi iklim melalui berbagai mekanisme. Antara lain mempengaruhi radiasi gelombang pendek melalui hamburan Rayleigh, memperlebar garis spektral gas rumah kaca seperti H₂O, CO₂, dan CH₄, mempengaruhi kapasitas panas dan berat molekul atmosfer dan berperan dalam pembentukan awan dan presipitas [15].

E. Angin

Angin terbentuk sebagai akibat dari perbedaan tekanan atmosfer yang timbul akibat distribusi pemanasan matahari yang tidak merata di permukaan bumi. Perbedaan tekanan ini memicu aliran udara dari wilayah dengan tekanan tinggi menuju wilayah bertekanan rendah, yang secara umum dikenal sebagai angin. Rotasi bumi juga memengaruhi arah pergerakan angin melalui mekanisme yang dikenal sebagai efek Coriolis, yang menyebabkan angin memblok ke arah kanan di belahan bumi utara dan ke arah kiri di belahan bumi selatan.

Variasi angin di berbagai wilayah geografis sangat dipengaruhi oleh topografi, jarak dari lautan, serta keberadaan sistem cuaca besar seperti monsun dan badai tropis. Dalam

studi oleh Liu tahun 2018 disebutkan bahwa angin monsun di Asia Tenggara berperan besar dalam menentukan pola curah hujan musiman, yang berdampak pada sistem pertanian di wilayah tersebut. Selain itu, faktor lokal seperti kehadiran bangunan tinggi di perkotaan juga dapat mempengaruhi pola angin lokal yang menunjukkan bahwa urbanisasi dapat menciptakan fenomena angin lokal yang dikenal sebagai "*urban wind*".

F. Penguapan (Evaporasi)

Penguapan mengukur jumlah air yang menguap dari permukaan dalam periode waktu tertentu. Data ini penting untuk analisis siklus hidrologi. Penguapan dipengaruhi oleh berbagai parameter iklim. Beberapa faktor utama yang berkontribusi terhadap laju penguapan Antara lain:

- Radiasi matahari
- Suhu udara
- Kelembaban, dan
- Kecepatan angin

G. Radiasi Matahari

Durasi peninjaman matahari relatif konstan sepanjang tahun. Radiasi matahari merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi laju penguapan. Penelitian menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari berbanding lurus dengan laju penguapan air. Semakin tinggi intensitas radiasi, semakin besar energi yang tersedia untuk proses penguapan.

H. Tutupan Awan

Tutupan awan, sebagai salah satu komponen penting dalam sistem iklim, telah menjadi fokus penelitian yang intensif dalam beberapa dekade terakhir. Perubahan dalam tutupan awan dapat memberikan dampak signifikan terhadap keseimbangan radiasi bumi, siklus hidrologi, dan iklim secara keseluruhan. Tutupan awan mempengaruhi radiasi matahari yang diterima permukaan bumi.

Perubahan tutupan awan seringkali dianggap sebagai salah satu indikator awal dari perubahan iklim. Studi-studi sebelumnya telah menunjukkan adanya tren peningkatan atau penurunan tutupan awan di berbagai wilayah, yang terkait dengan faktor-faktor seperti perubahan suhu permukaan laut, peningkatan konsentrasi gas rumah kaca, dan perubahan sirkulasi atmosfer.

I. Suhu Permukaan Laut (SST)

Suhu permukaan laut (Sea Surface Temperature/SST) merupakan salah satu parameter iklim yang paling umum digunakan dalam analisis klimatologis, karena berperan penting dalam mengendalikan ketersediaan uap air di atmosfer dan proses pembentukan awan. Perubahan nilai SST memiliki dampak yang luas dan signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan di Bumi, mencakup dinamika pola cuaca, siklus hidrologi, hingga tingkat produktivitas ekosistem laut.

J. Fenomena Global-Regional

ENSO dan IOD menunjukkan dampak signifikan yang dimiliki kedua fenomena ini terhadap variabilitas iklim dan cuaca di berbagai wilayah, termasuk Indonesia. ENSO adalah fenomena iklim yang terjadi di Samudra Pasifik, ditandai dengan fluktuasi suhu permukaan laut yang mempengaruhi pola cuaca global.

Fenomena ENSO terdiri dari dua fase utama, yaitu El Niño dan La Niña. Fase El Niño ditandai oleh peningkatan suhu permukaan laut di wilayah Pasifik tengah dan timur, yang biasanya berdampak pada kondisi kekeringan ekstrem di berbagai wilayah Indonesia serta keterlambatan awal musim hujan. Sebaliknya, fase La Niña ditandai oleh penurunan suhu permukaan laut dan cenderung menyebabkan peningkatan curah hujan serta percepatan datangnya musim hujan [16].

Di samping ENSO, fenomena IOD juga berperan penting dalam variabilitas iklim di kawasan regional. IOD merupakan pola anomali suhu permukaan laut di Samudra Hindia,

yang mengacu pada perbedaan suhu antara bagian barat dan timur wilayah tersebut. Terdapat dua fase utama IOD, yakni fase positif ketika suhu permukaan laut di bagian barat lebih hangat dibandingkan bagian timur, serta fase negatif ketika kondisi sebaliknya terjadi. Menurut Pertiwi tahun 2021, fase IOD positif umumnya dikaitkan dengan penurunan curah hujan di wilayah barat Indonesia.

Iklim di Indonesia

Iklim Indonesia dikategorikan adalah sebagai iklim tropis, yang ditandai dicirikan dengan oleh suhu yang hangat sepanjang tahun dan pola cuaca musiman yang terkait berhubungan dengan monsun musim hujan. Negara ini mengalami dua musim utama: musim hujan dan musim kemarau, yang sangat dipengaruhi oleh sirkulasi atmosfer global seperti monsun Asia dan Pasifik, serta fenomena El Niño - Southern Oscillation (ENSO). Pola curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh faktor-faktor geografis seperti posisi garis lintang, ketinggian, serta dan jarak dari laut. Selain itu, wilayah daerah ini juga terkenal dikenal dengan karena kelembapannya tingkat kelembaban yang tinggi dan variabilitas cuaca lokal yang signifikan.

Penyebab perubahan iklim

Perubahan iklim merupakan fenomena kompleks yang melibatkan tahapan berbeda yang disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia dan menimbulkan emisi gas rumah kaca. Pada kasus Indonesia penyebab utama perubahan iklim dapat dikategorikan menjadi beberapa faktor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan suhu global dan perubahan pola cuaca.

1. Emisi Gas Rumah Kaca

Kegiatan antropogenik, terutama pembakaran bahan bakar fosil untuk kebutuhan energi, menjadi kontributor utama terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4).

Di Indonesia, variabilitas suhu udara dipengaruhi oleh sejumlah faktor klimatologis dan geografis, antara lain intensitas radiasi matahari, lama penyinaran, ketinggian lokasi, kondisi topografi, tutupan awan, kelembaban atmosfer, serta sirkulasi udara pada skala regional dan global. Selain faktor alamiah, aspek antropogenik seperti fenomena El Niño-Southern Oscillation (ENSO), proses urbanisasi, serta perubahan dalam tata guna lahan turut memberikan kontribusi terhadap dinamika suhu udara di berbagai wilayah. Interaksi antar faktor-faktor tersebut menghasilkan pengaruh yang bervariasi, tergantung pada konteks spasial dan temporalnya.

Untuk memperoleh data suhu yang akurat dan representatif, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menjalankan program pemantauan melalui jaringan stasiun pengamatan yang tersebar di seluruh Indonesia. Parameter yang dicatat mencakup suhu rata-rata harian, suhu maksimum dan minimum, suhu pada waktu tertentu, serta amplitudo suhu harian. Informasi ini berperan penting dalam menganalisis tren perubahan suhu dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam bidang klimatologi dan mitigasi perubahan iklim.

2. Deforestasi dan Perubahan Penggunaan Lahan

Deforestasi untuk pertanian, perkebunan, dan pembangunan infrastruktur juga merupakan pendorong penting perubahan iklim. Deforestasi mengurangi kemampuan hutan dalam menyerap CO_2 dan meningkatkan efek rumah kaca. Pertanian dan Produksi Makanan

Selain itu, penggunaan pupuk nitrogen dan pengelolaan limbah peternakan yang menghasilkan metana menyumbang kontribusi sektor pertanian terhadap emisi gas rumah kaca. Aktivitas pertanian dapat memperburuk kerawanan pangan dan gizi buruk di banyak tempat, terutama di wilayah yang rentan [17].

3. Penggunaan Energi

Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, sektor energi Indonesia masih bergantung pada bahan bakar fosil, yang berkontribusi besar terhadap emisi gas rumah kaca. Sumber daya terbarukan hanya menghasilkan sekitar seperempat dari total energi listrik, dengan

batu bara, minyak, dan gas menyumbang sisanya. Oleh karena itu, sangat penting untuk beralih ke sumber daya yang lebih bersih dan berkelanjutan.

4. Kegiatan Industri

Kegiatan industri, seperti manufaktur dan produksi barang, menyumbang emisi gas rumah kaca. Ini karena proses industri sering kali memerlukan penggunaan bahan kimia yang berbahaya dan pembakaran bahan bakar fosil, yang memperburuk polusi udara dan berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengurangan emisi dari sektor industri adalah langkah penting untuk memerangi perubahan iklim.

Indikator perubahan iklim yang relevan di pulau Mapur

Pulau-pulau kecil dan wilayah pesisir seperti Mapur sangat rentan terhadap perubahan iklim karena ketergantungan mereka pada sumber daya alam lokal dan ekosistem yang sensitif. Dengan memahami bagaimana indikator perubahan iklim ini berperan, kita dapat lebih baik mempersiapkan strategi adaptasi yang efektif untuk menjaga ketahanan pangan di tengah tantangan perubahan iklim. Berdasarkan literatur, indikator utama yang dipilih untuk penelitian tentunya secara langsung mempengaruhi ekosistem laut dan pesisir yang menjadi sumber utama pangan bagi masyarakat lokal, berikut indikator perubahan iklim yang relevan di pulau Mapur:

1. Peningkatan Suhu

Peningkatan suhu merupakan indikator penting dalam penelitian dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan pangan lokal di wilayah pesisir dan pulau kecil seperti Pulau Mapur. Suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan pemanasan air laut, yang berdampak negatif pada ekosistem laut, termasuk terumbu karang dan habitat ikan. Menurut penelitian, pemanasan air laut dapat mengakibatkan penurunan produktivitas perikanan karena mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi ikan serta menyebabkan pemutihan terumbu karang yang merupakan habitat penting bagi banyak spesies ikan [18].

2. Perubahan Pola Curah Hujan

Di pulau-pulau kecil, di mana sumber daya pertanian terbatas dan ketergantungan pada hasil pertanian lokal tinggi, perubahan pola hujan dapat memperburuk kerawanan pangan. Ashari tahun 2023 menyebutkan bahwa ketidakpastian cuaca membuat petani sulit merencanakan musim tanam dengan tepat, yang mengakibatkan penurunan produksi dan kualitas hasil panen [19]. Peningkatan frekuensi cuaca ekstrem dapat mempengaruhi aktivitas nelayan dengan membatasi hari-hari aman untuk melaut, sehingga mengurangi hasil tangkapan ikan yang juga merupakan bagian penting dari pangan lokal masyarakat pesisir. Oleh karena itu, adaptasi terhadap perubahan pola hujan menjadi krusial untuk memastikan ketahanan pangan di wilayah-wilayah ini.

3. Peningkatan Frekuensi Cuaca Ekstrem

Angin dan cuaca ekstrem adalah indikator penting lainnya karena kejadian cuaca ekstrem seperti badai tropis dapat menyebabkan kerusakan fisik pada infrastruktur perikanan dan ekosistem pesisir. Cuaca ekstrem sering kali disertai dengan angin kencang dan gelombang tinggi yang dapat merusak kapal penangkap ikan serta fasilitas penyimpanan dan pengolahan hasil tangkapan [20]. Selain itu, badai tropis dapat menghancurkan habitat pesisir seperti terumbu karang dan hutan mangrove yang merupakan tempat berlindung bagi banyak spesies ikan [18].

Dari hal tersebut maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana perubahan iklim yang terjadi di Pulau Mapur, Kabupaten Bintan?

Sejalan dengan latar belakang dan rumusan masalah yang dicantumkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan iklim yang terjadi di Pulau Mapur, Kabupaten Bintan.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan dalam penelitian ini terlihat pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Alat dan bahan penelitian

No.	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Alat Tulis	Pencatatan data
2	Kamera	Dokumentasi kegiatan
3	Kuesioner	Kuesioner
4	Alat Perekam Suara	wawancara
5	Laptop	Pembuatan laporan dan analisis data
6	Smart-PLS	Analisis kuantitatif
7	NVivo	Analisa Kualitatif
8	Peta Wilayah Penelitian	Panduan lokasi
9	Perlengkapan Lapangan (pakaian lapangan, sepatu bot, topi)	Pengumpulan data lapangan

Data Penelitian

Penelitian ini mengambil beberapa data yang dibutuhkan, meliputi

- A. Data Perubahan Iklim
- B. Data Ketersediaan Pangan
- C. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketersediaan Pangan Lokal

Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan metode campuran (mixed methods), yang mengintegrasikan metode kuantitatif dan kualitatif dalam mengkaji dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan pangan lokal di Pulau Mapur, Kabupaten Bintan. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis tren data klimatologis jangka panjang, meliputi curah hujan, peningkatan suhu permukaan laut, serta kejadian cuaca ekstrem seperti angin kencang. Selain itu, pendekatan ini juga digunakan untuk mengevaluasi perubahan dalam produktivitas sektor perikanan dan pertanian. Di sisi lain, pendekatan kualitatif dilakukan melalui wawancara mendalam dan observasi lapangan guna menggali persepsi masyarakat setempat terhadap dampak perubahan iklim serta bentuk strategi adaptasi yang mereka lakukan. Penggunaan metode campuran ini memberikan kedalaman analisis yang lebih menyeluruh terhadap kompleksitas fenomena yang diteliti.

Proportionate stratified random

Pengambilan sampel acak berstrata proporsional adalah teknik pengambilan sampel yang dirancang sedemikian rupa sehingga setiap lapisan populasi terwakili secara proporsional dalam sampel akhir. Teknik ini sangat efektif bila populasi penelitian dibagi menjadi subkelompok (strata) dengan karakteristik berbeda seperti umur, jenis kelamin, pendidikan, dan lokasi geografis. Metode ini mensyaratkan bahwa proporsi masing-masing strata dalam populasi sama dengan proporsi strata tersebut dalam sampel. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan bias dan memastikan bahwa sampel secara akurat mencerminkan sebaran karakteristik populasi [\[21\]](#).

Metode Statistik MANOVA

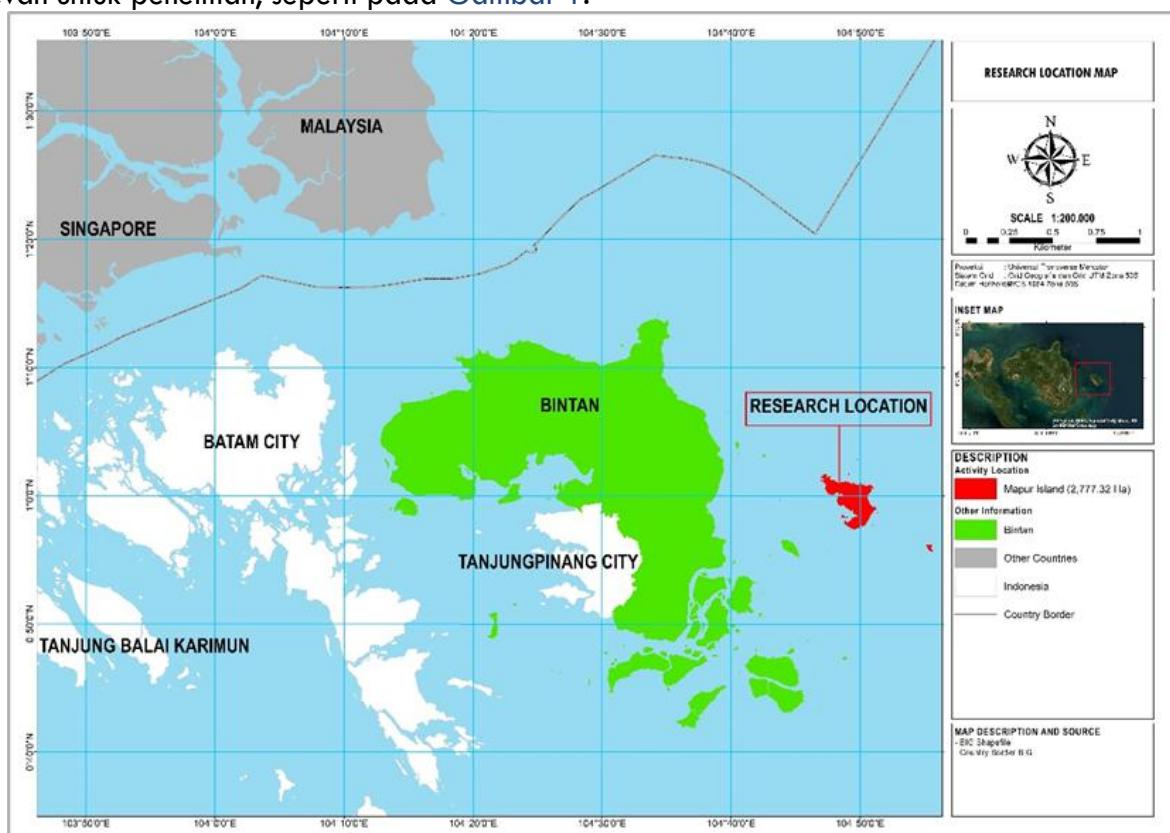
Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) adalah metode statistik yang mengembangkan Analysis of Variance (ANOVA) dengan menyertakan tiga atau lebih variabel dependen. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah variasi rata-rata di antara kelompok-kelompok dalam kombinasi variabel-variabel ini kemungkinan besar dapat dijelaskan oleh peluang acak. ANOVA utama mengasumsikan bahwa variabel dependen pada setiap kelompok perlakuan mengikuti distribusi normal multivariat dan memiliki matriks kovarians yang sama [\[22\]](#).

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pulau Mapur, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. Pulau Mapur, dengan luas hanya 44 km², terletak di sebelah timur Pulau Bintan dan perairanya berbatasan langsung dengan Negara Malaysia. Akses ke pulau ini hanya dapat dilakukan melalui transportasi laut. Ismail tahun 2023 menyebutkan bahwa mayoritas penduduk Pulau Mapur menggantungkan hidup sebagai nelayan, sehingga hasil laut menjadi sumber pangan utama mereka [23].

Pemilihan Pulau Mapur sebagai lokasi studi dilakukan secara purposive. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memilih lokasi secara strategis berdasarkan kriteria spesifik yang relevan dengan tujuan penelitian [24]. Didasarkan pada beberapa pertimbangan penting. Pulau ini merepresentasikan karakteristik pulau kecil yang rentan terhadap dampak perubahan iklim, sesuai dengan fokus penelitian. Masyarakat Pulau Mapur sangat bergantung pada hasil laut untuk ketahanan pangan dan mata pencaharian, menjadikannya lokasi yang relevan untuk mengkaji dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan pangan lokal. Kondisi infrastruktur yang terbatas di pulau ini mencerminkan tantangan yang dihadapi pulau-pulau kecil dalam menghadapi perubahan iklim. Meskipun aksesnya terbatas, Pulau Mapur masih dapat dijangkau untuk keperluan penelitian.

Karakteristik geografis dan sosial ekonomi yang unik, maka Pulau Mapur menjadi lokasi yang relevan untuk penelitian, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian

Strategi Pengambilan Sampel

I. Definisi populasi

Populasi sasaran dalam penelitian ini mencakup seluruh kepala keluarga yang tinggal di Pulau Mapur. Data mengenai kepala rumah tangga diambil dari Kantor Desa Mapur untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan informasi. Setelah itu, populasi dibagi ke dalam beberapa kelompok strata berdasarkan lokasi domisili mereka (Rukun Tetangga) yang ada di pulau tersebut. Pembagian ini bertujuan untuk menciptakan representasi yang seimbang dari setiap area dalam penelitian.

II. Penentuan ukuran sampel

Dalam penelitian ini, untuk menentukan jumlah sampel yang representatif dari populasi yang diteliti terkait pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan pangan lokal, digunakan rumus Slovin. Rumus ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menghitung ukuran sampel minimal yang dapat mewakili populasi secara statistik, dengan mempertimbangkan tingkat kesalahan yang dapat ditoleransi. Rumus Slovin dinyatakan sebagai berikut:

$$n = N / (1 + N \cdot e^2)$$

Keterangan:

n = Jumlah sampel

N = Jumlah total populasi

e = Margin error (biasanya 0,05 atau 5% atau maksimal 10%)

Penggunaan rumus Slovin dalam konteks penelitian ini membantu memastikan bahwa jumlah sampel yang diambil cukup untuk memberikan gambaran yang akurat tentang dampak perubahan iklim terhadap sistem pangan lokal pulau mapur, namun tetap dalam batas yang dapat dikelola secara efisien dari segi waktu dan sumber daya penelitian.

III. Teknik pengambilan sampel

Pemilihan sampel dilakukan secara acak dari setiap strata menggunakan metode Proportionate Stratified Random Sampling. Metode ini memastikan bahwa setiap kepala keluarga memiliki peluang yang proporsional untuk terpilih sebagai responden, sehingga hasil penelitian dapat menggambarkan kondisi keseluruhan populasi dengan lebih akurat dan dapat diandalkan [21].

Metode Analisa Data

A. Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif pada data ketersediaan iklim dan pangan sering kali melibatkan penggunaan metode statistik untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam data yang besar. Salah satu teknik analisis yang umum digunakan adalah analisis tren, yang memungkinkan peneliti untuk melihat perubahan dalam variabel iklim atau ketersediaan makanan dari waktu ke waktu.

B. Analisis kualitatif

Analisis kualitatif adalah pendekatan yang digunakan untuk memahami fenomena sosial dan ekonomi melalui interpretasi data non-numerik. Wawancara mendalam memungkinkan peneliti untuk menggali informasi secara detail dari individu mengenai persepsi mereka terhadap isu tertentu, seperti dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan. Dalam wawancara ini, peneliti dapat menggunakan pertanyaan terbuka untuk mendapatkan wawasan yang lebih kaya dan mendalam.

Untuk menganalisa data wawancara ini, digunakan aplikasi NVIVO, yang merupakan perangkat lunak khusus untuk analisis kualitatif dan memungkinkan peneliti untuk mengorganisasi, mengkodekan, dan menganalisis data kualitatif dengan cara yang sistematis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geografis Lokasi Penelitian

Pulau Mapur

Terletak di wilayah Desa Mapur, Kecamatan Bintan Pesisir, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Secara geografis, pulau ini memiliki titik koordinat sekitar $1^{\circ}2'17.4''\text{N}$ dan $105^{\circ}42'33.6''\text{E}$, yang menunjukkan posisinya terletak di sebelah timur Pulau Bintan dan perairanya berbatasan langsung dengan Negara Malaysia.

Pulau Mapur memiliki topografi yang beragam dan mencerminkan karakteristik kawasan pesisir tropis. Pulau ini didominasi oleh bentang alam yang meliputi dataran rendah, hutan mangrove, perbukitan kecil, dan pantai berpasir putih. Sebagian besar wilayah Pulau Mapur terdiri dari dataran rendah yang berada di sekitar garis pantai, dengan ketinggian rata-rata 0–15 meter di atas permukaan laut (mdpl).

Sarana transportasi menuju Pulau Mapur, Kabupaten Bintan, umumnya mengandalkan transportasi laut sebagai satu-satunya jalur utama. Perahu motor dan pompong, yang merupakan jenis perahu tradisional bermesin, menjadi moda transportasi utama bagi penduduk maupun pengunjung untuk mencapai pulau ini. Rute perjalanan biasanya dimulai dari pelabuhan di Kijang ataupun pelabuhan lain di kawasan Bintan menuju Pulau Mapur, dengan durasi perjalanan yang bervariasi tergantung kondisi cuaca dan gelombang laut.

Infrastruktur pendukung di Pulau Mapur, seperti listrik dan telekomunikasi, masih dalam tahap pengembangan dan belum sepenuhnya memadai untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Penyediaan listrik di pulau ini sebagian besar bergantung pada pembangkit listrik tenaga diesel (genset) PLN yang beroperasi secara terbatas, hanya 14 (empat belas) jam setiap harinya. Hal ini membuat akses energi listrik menjadi salah satu tantangan utama, terutama untuk mendukung kegiatan ekonomi dan pendidikan. Dalam hal telekomunikasi, sinyal seluler di Pulau Mapur cenderung lemah atau tidak stabil (menyesuaikan dengan jadwal ketersediaan listrik), sehingga menyulitkan penduduk untuk terhubung dengan dunia luar, termasuk untuk keperluan komunikasi sehari-hari atau mendukung usaha berbasis teknologi. Selain itu, ketersediaan air bersih juga menjadi isu yang signifikan, di mana masyarakat masih mengandalkan sumber air PAMSIMAS. Peningkatan infrastruktur pendukung ini menjadi prioritas penting untuk meningkatkan kualitas hidup penduduk dan mendorong potensi pembangunan di Pulau Mapur.

Kondisi Demografis Lokasi Penelitian

Pulau Mapur dihuni oleh sekitar 267 Kepala Keluarga (KK). Dengan populasi sebanyak 1.054 jiwa (Desa Mapur, 2023), pulau ini memiliki kepadatan penduduk sebesar 24 jiwa/km², tentunya kepadatan ini masih cukup rendah jika dibandingkan dengan daerah lain di Kabupaten Bintan. Berikut disajikan jumlah penduduk desa Mapur berdasarkan jenis kelamin setiap Rukun Tetangga (RT).

Mata pencaharian utama penduduk pulau Mapur, Kabupaten Bintan, didominasi oleh aktivitas yang berkaitan dengan sumber daya alam, khususnya sektor perikanan. Sebagai masyarakat yang tinggal di kawasan pesisir, mayoritas penduduknya bekerja sebagai nelayan tradisional, menangkap ikan, kepiting, dan hasil laut lainnya yang menjadi komoditas utama mereka. Selain itu, mereka juga mengelola budidaya hasil laut seperti kerang dan teripang sebagai sumber penghidupan tambahan. Ismail tahun 2023 menyebutkan bahwa mayoritas penduduk Pulau Mapur menggantungkan hidup sebagai nelayan, sehingga hasil laut menjadi sumber pangan utama mereka[23]. Sebagian kecil masyarakat terlibat dalam kegiatan bertani, terutama untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, dengan menanam sayur-mayur, dan buah-buahan di lahan terbatas. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak masyarakat pulau Mapur yang bekerja di PT. Bintan Alumina Indonesia (BAI) terutama ketika musim paceklik ikan.

Ekosistem dan Sumber Daya Alam Pulau Mapur

Pulau Mapur memiliki keanekaragaman ekosistem yang sangat penting bagi kelangsungan hidup masyarakat setempat. Ekosistem di pulau ini mencakup berbagai jenis lingkungan alami, seperti perairan, daratan, mangrove, karang, dan lamun, yang masing-masing memiliki peran vital dalam mendukung kehidupan laut dan darat. Sumber daya alam yang ada di Pulau Mapur, seperti hasil

laut, hutan bakau, dan ekosistem terumbu karang, memberikan berbagai manfaat bagi masyarakat yang bergantung pada sektor perikanan, pertanian dan sumber daya alam lainnya.

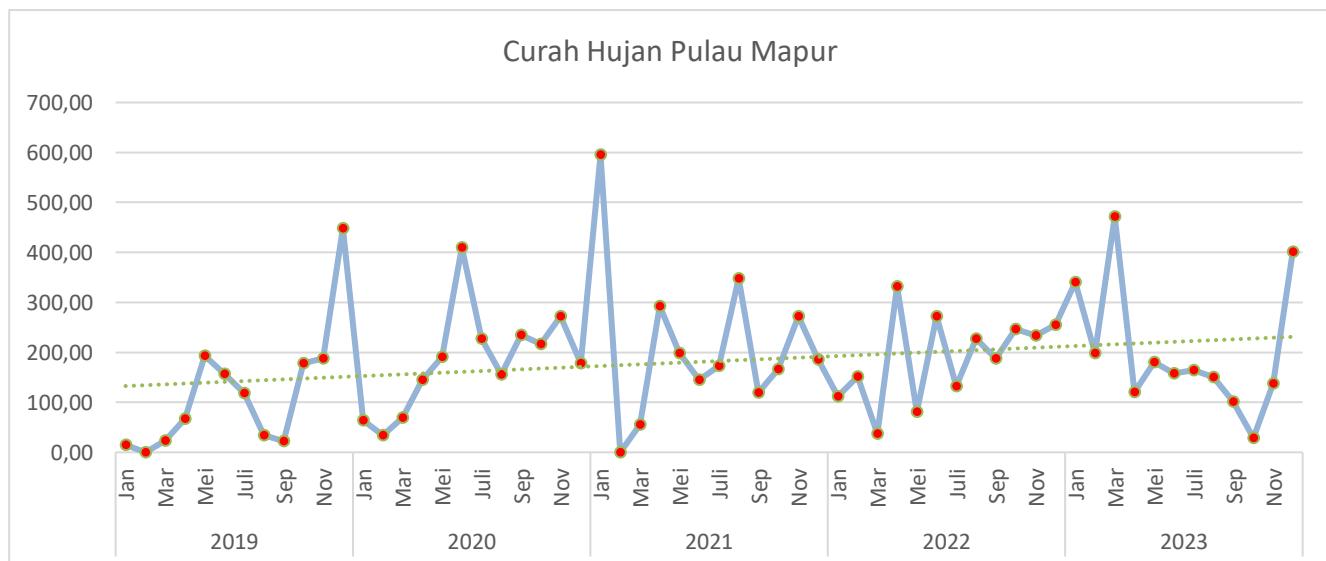
Perubahan Iklim

Variabilitas iklim merupakan elemen krusial dalam menganalisis dinamika perubahan lingkungan, khususnya pada skala lokal yang memiliki ciri khas tersendiri. Dalam studi ini, variabilitas iklim di Pulau Mapur dikaji secara menyeluruh dengan menggunakan data klimatologis berupa curah hujan, suhu permukaan laut, suhu udara, dan kecepatan angin yang diperoleh dari BMKG serta sumber data satelit selama kurun waktu lima tahun terakhir (2019–2023). Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan pola perubahan iklim lokal secara lebih mendalam. Selain itu, penelitian ini juga menelaah bagaimana dinamika variabilitas iklim berdampak terhadap ketersediaan pangan lokal di wilayah tersebut. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memperkaya pemahaman ilmiah mengenai pola iklim di tingkat mikro, tetapi juga menyediakan informasi strategis untuk pengelolaan sumber daya alam dan perencanaan ketahanan pangan berbasis komunitas.

Perubahan Curah Hujan

Curah hujan merupakan komponen esensial dalam sistem iklim yang memainkan peran penting dalam menjaga ketersediaan air dan mendukung berbagai aktivitas kehidupan, terutama di kawasan pesisir serta pulau-pulau kecil. Namun demikian, perubahan iklim global telah menyebabkan terjadinya modifikasi pola curah hujan yang memunculkan tantangan baru. Di antaranya adalah peningkatan intensitas hujan dalam durasi yang singkat, pergeseran awal dan akhir musim hujan, serta periode kemarau yang semakin berkepanjangan—seluruhnya mencerminkan bentuk variabilitas curah hujan yang kian kompleks. Perubahan ini tidak hanya berimplikasi pada ketahanan air, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap sektor-sektor vital seperti pertanian, perikanan, dan infrastruktur, khususnya di wilayah yang rentan seperti daerah pesisir dan pulau-pulau kecil.

Berikut disajikan grafik data curah hujan di pos hujan Kawal (pos hujan yang terdekat dengan lokasi penelitian) periode tahun 2019-2023 berdasarkan [Gambar 2](#).



Gambar 2. Grafik curah hujan di Pos Pengamatan Pulau Mapur (Sumber: BMKG)

Berdasarkan data dan visualisasi yang disajikan, analisis menunjukkan bahwa Curah hujan bulanan di pos hujan Kawal sangat bervariasi. Terdapat bulan-bulan dengan curah hujan sangat rendah (mendekati 0 mm) pada bulan Februari 2019 dan bulan dengan curah hujan yang sangat tinggi (mencapai hingga 600 mm) bulan Januari 2021.

Pola curah hujan cenderung tidak konsisten dari tahun ke tahun. Meskipun terdapat indikasi peningkatan curah hujan pada bulan-bulan tertentu (misalnya, sekitar akhir dan awal tahun), pola ini tidak selalu berulang setiap tahunnya. Hal ini menunjukkan variabilitas musiman yang cukup tinggi.

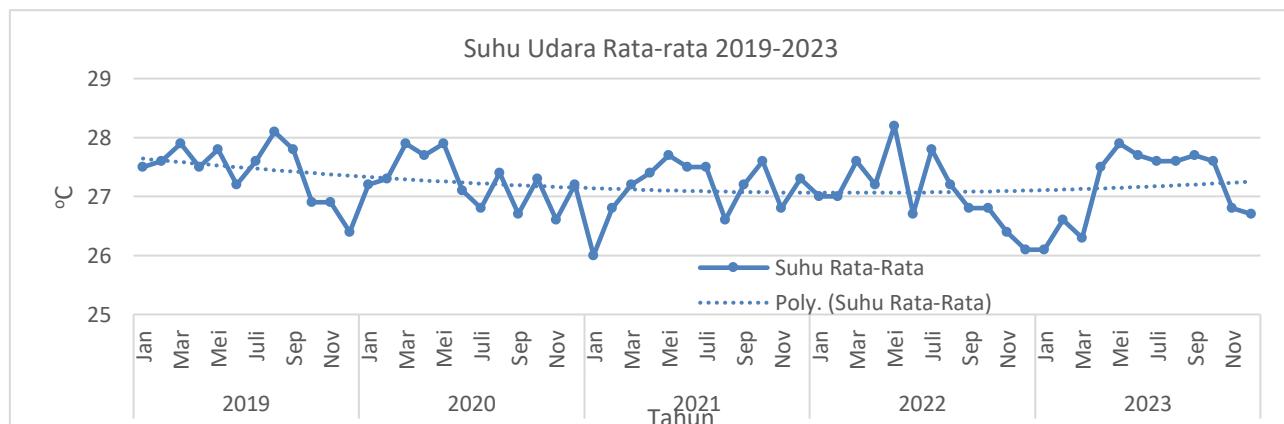
Terlihat beberapa anomali curah hujan, yaitu bulan-bulan dengan curah hujan yang sangat tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya dalam periode yang sama (contohnya, pada awal tahun 2020 dan 2023). Anomali ini dapat disebabkan oleh fenomena cuaca ekstrem atau perubahan iklim lokal.

Secara umum, tren curah hujan menunjukkan sedikit peningkatan selama periode 2019-2023 (dilihat dari garis tren). Namun, mengingat fluktuasi yang tinggi, tren ini tidak dapat dianggap sebagai indikasi yang kuat sehingga membuat curah hujan sulit diprediksi.

Perubahan Suhu Udara

Hasil penelitian menyajikan data terkait suhu udara rata-rata di Kabupaten Bintan yang bersumber dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Raja Haji Fisabilillah Tanjungpinang selama periode 2019-2023. Berdasarkan visualisasi data, suhu udara rata-rata di Kabupaten Bintan menunjukkan fluktuasi dalam kisaran 26°C hingga 28°C , dengan tren yang relatif stabil dari tahun ke tahun. Pola ini mencerminkan karakteristik wilayah tropis yang cenderung memiliki variasi suhu udara tahunan yang rendah. Penelitian ini penting untuk mengidentifikasi pola perubahan suhu udara, yang dapat memberikan gambaran tentang dinamika iklim lokal dan hubungannya dengan fenomena global seperti perubahan iklim.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa kenaikan suhu global telah berdampak pada wilayah tropis, termasuk Indonesia, dengan peningkatan suhu tahunan rata-rata sebesar $0,02^{\circ}\text{C}$ hingga $0,03^{\circ}\text{C}$ per dekade. Tren ini juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas manusia, seperti urbanisasi dan perubahan penggunaan lahan, yang meningkatkan efek pulau panas perkotaan (urban heat island) di wilayah pesisir seperti Kabupaten Bintan. Oleh karena itu, analisis suhu udara rata-rata ini tidak hanya memberikan wawasan tentang kondisi iklim lokal tetapi juga berkontribusi pada pemahaman yang lebih luas mengenai dampak perubahan iklim terhadap ekosistem tropis, terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Suhu Udara Rata-rata di Stasiun Pengamatan RHF Periode Tahun 2019-2023 (Sumber: BMKG)

Berdasarkan grafik suhu udara rata-rata Kabupaten Bintan periode 2019–2023, terlihat bahwa suhu rata-rata bulanan umumnya berkisar antara 26°C hingga 28°C . Selama lima tahun terakhir, fluktuasi suhu terjadi secara musiman, di mana puncak suhu rata-rata biasanya terjadi pada pertengahan tahun, sementara penurunan suhu cenderung terjadi di akhir tahun. Pola ini menunjukkan adanya pengaruh musim terhadap suhu udara di wilayah Bintan, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh perubahan angin dan curah hujan musiman.

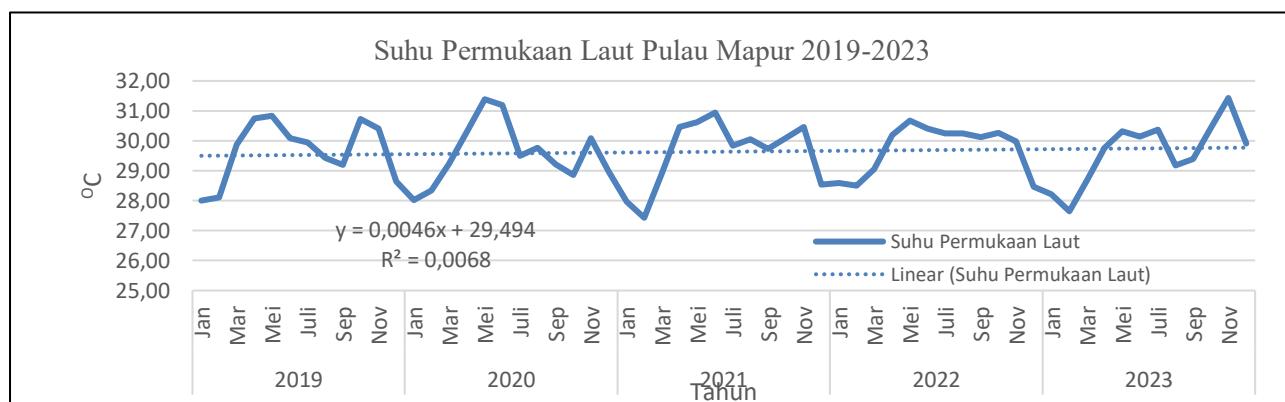
Beberapa anomali suhu juga tampak jelas pada grafik tersebut. Salah satu penurunan suhu yang signifikan terjadi pada akhir tahun 2019 dan awal tahun 2021, di mana suhu rata-rata turun mendekati 26°C . Penurunan suhu yang cukup tajam juga terjadi pada akhir tahun 2022, yang merupakan salah satu titik terendah selama periode pengamatan. Setelah periode penurunan tersebut, suhu rata-rata kembali naik dengan cepat pada awal hingga pertengahan tahun 2023 sebelum kembali menurun di akhir tahun.

Teridentifikasi pola penurunan suhu secara gradual dengan koefisien kemiringan -0.0138°C per bulan. Tren linear menunjukkan penurunan sistematis dari rata-rata 27.49°C pada awal 2019

menuju 26.75°C pada akhir 2023. Suhu tertinggi tercatat pada awal periode pengamatan (2022) dengan puncak mencapai 28.2°C pada Maret 2019. Sebaliknya, suhu terendah teridentifikasi pada September 2023 dengan nilai 26.3°C , mengindikasikan amplitudo variasi sebesar 1.9°C selama periode pengamatan.

Perubahan Suhu Permukaan Laut

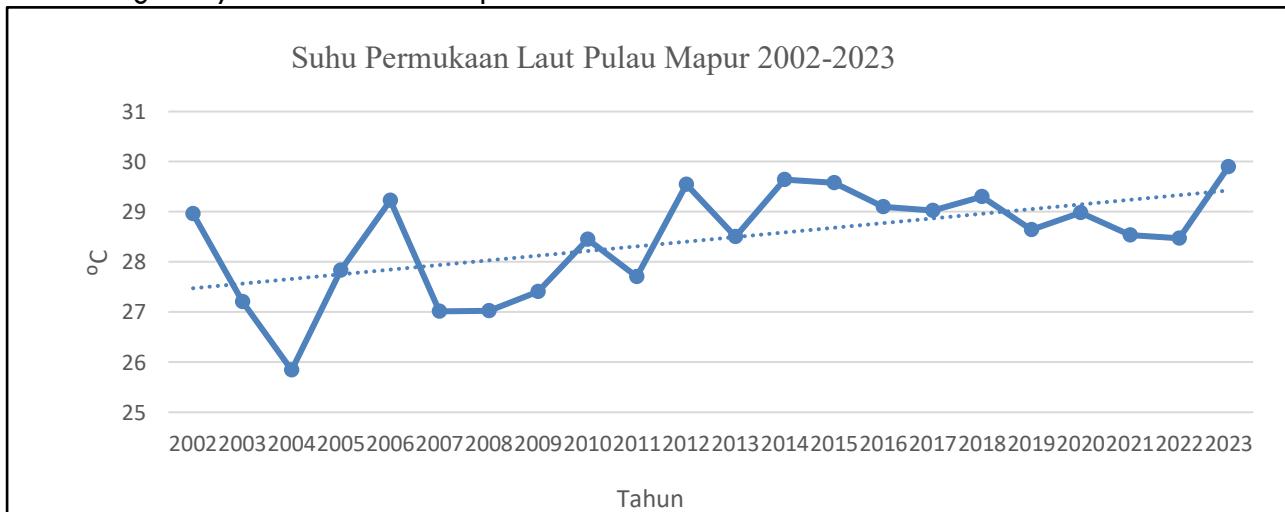
Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu parameter oceanografi yang memiliki peranan penting dalam mengatur dinamika ekosistem laut serta berkontribusi terhadap variabilitas iklim global [24]. SPL memengaruhi berbagai aspek ekologis, seperti tingkat produktivitas perairan, pola distribusi organisme laut, dan kondisi lingkungan yang menjadi penopang kehidupan spesies yang bergantung pada ekosistem laut. Kawasan perairan Indonesia, khususnya di sekitar Pulau Mapur yang dipengaruhi oleh empat pola musim angin (musim utara, selatan, barat, dan timur), suhu permukaan laut mengalami fluktuasi yang cukup mencolok sepanjang tahun, terlihat pada Gambar 4 [25].



Gambar 4 Grafik Suhu Permukaan Laut Bulanan Pulau Mapur Periode Tahun 2019-2023 (Sumber: BMKG)

Grafik suhu permukaan laut Pulau Mapur dari tahun 2002-2023 (menunjukkan adanya tren peningkatan yang signifikan, ditandai dengan fluktuasi tahunan yang bervariasi namun secara umum menunjukkan kecenderungan naik).

Grafik pada Gambar 5 suhu permukaan laut pulau Mapur dari tahun 2002 hingga 2023 menunjukkan tren peningkatan yang signifikan, meskipun disertai dengan fluktuasi tahunan yang bervariasi. Analisis data menunjukkan bahwa meskipun terdapat periode penurunan sementara dalam rentang waktu tertentu, tren keseluruhan menunjukkan kecenderungan kenaikan suhu secara bertahap dalam dua dekade terakhir. Jika tren ini terus berlanjut, dampaknya dapat berdampak luas terhadap stabilitas ekosistem laut serta keberlanjutan sumber daya perikanan yang menjadi sektor ekonomi utama bagi masyarakat di Pulau Mapur.



Gambar 5 Grafik Suhu Permukaan Laut Pulau Mapur Rata-rata Tahunan

Berdasarkan analisis data, suhu permukaan laut Pulau Mapur pada tahun 2002 tercatat berada pada 29°C , namun mengalami penurunan tajam hingga mencapai titik terendah sekitar 26°C pada tahun 2004. Setelah itu, suhu mengalami fluktuasi dengan kecenderungan meningkat, hingga akhirnya mencapai 30°C pada tahun 2023. Untuk memperoleh gambaran yang lebih terperinci, analisis dilakukan dengan membagi periode perubahan suhu ke dalam beberapa interval waktu seperti pada Tabel 2:

Tabel 2 Perubahan Suhu Permukaan Laut

Periode Awal	Periode Akhir	Suhu Awal ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Akhir ($^{\circ}\text{C}$)	Kenaikan/Penurunan ($^{\circ}\text{C}$)
2002	2010	29	28	-1
2010	2015	28	29.5	+1.5
2015	2020	29.5	28.5	-1
2020	2023	28.5	30	+1.5

Berdasarkan tabel di atas, dapat diidentifikasi bahwa dalam periode 2002-2010, terjadi sedikit penurunan suhu dari 29°C ke 28°C . Namun, pada 2010-2015, suhu meningkat secara signifikan sebesar 1.5°C , yang mengindikasikan adanya fase pemanasan yang cukup kuat. Fluktuasi suhu kembali terjadi pada periode 2015-2020, dengan sedikit penurunan sebesar 1°C , sebelum akhirnya kembali mengalami peningkatan drastis sebesar 1.5°C pada 2020-2023.

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa meskipun suhu permukaan laut mengalami variasi dalam jangka pendek, tren jangka panjang mengarah pada peningkatan suhu perairan secara bertahap. Kenaikan ini berpotensi mengindikasikan adanya dampak dari perubahan iklim global, pemanasan laut regional, serta faktor lokal yang turut mempengaruhi dinamika termal perairan di sekitar Pulau Mapur. Berikut disajikan data suhu permukaan laut bulanan di pulau Mapur periode 2019-2023.

Data pengamatan SPL tahun 2019-2023 menunjukkan variasi temporal yang menarik, dengan kisaran suhu antara 27°C hingga 31.65°C . Variabilitas ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang mencatat bahwa perairan Indonesia umumnya memiliki kisaran SPL antara $28-31^{\circ}\text{C}$ [26]. Dinamika SPL di Pulau Mapur tidak terlepas dari pengaruh musim, dimana pada musim timur dan musim peralihan barat-timur cenderung memiliki suhu yang lebih tinggi [27]. Kondisi ini berpengaruh signifikan terhadap ekosistem terumbu karang di sekitar pulau, dimana status Bleaching Alert Area berada dalam watch level dengan kisaran suhu $28-30^{\circ}\text{C}$. Fenomena ini menjadi perhatian khusus mengingat kondisi terumbu karang di Pulau Mapur yang telah mengalami tekanan antropogenik.

KESIMPULAN

Pulau Mapur mengalami fluktuasi signifikan dalam variabel cuaca yang dapat dikaitkan dengan perubahan iklim, serta termasuk pola curah hujan yang tidak teratur dengan kejadian curah hujan ekstrem. Kecepatan angin maksimum menunjukkan fluktuasi yang cukup tajam, dengan lonjakan angin yang terjadi pada akhir tahun 2020 hingga awal 2021 dan 2022 hingga 2023. Fluktuasi tersebut mengindikasikan adanya kejadian cuaca ekstrem yang dapat memengaruhi sektor-sektor utama seperti pertanian dan perikanan. Peningkatan suhu ini berpotensi mengganggu stabilitas ekosistem laut dan keberlanjutan sektor pertanian dan perikanan yang menjadi andalan ekonomi masyarakat Pulau Mapur.

REFERENSI

- [1] L. M. Bott, T. Schone, J. Illigner, M. H. Haghghi, K. Gisevius and B. Braun, "Land subsidence in Jakarta and Semarang Bay – The relationship between physical processes, risk perception, and household adaptation," *Ocean & Coastal Management*, vol. 211, pp. 1-12, 2021. Link: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105775>
- [2] H. Bambrick, "Resource extractivism, health and climate change in small islands," *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, vol. 10, no. 2, pp. 272-288, 2018. Link: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2017-0068>
- [3] B. P. Statistik, Kecamatan Bintan Pesisir dalam Angka, Badan Pusat Statistik, 2023.
- [4] S. Ahsan, M. Ali, M. Hoque, M. Osman, M. Rahman and M. Babar, Climate Change and Food Security in South Asia, 2011. Link: <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9516-9>
- [5] N. Enwere and J. Ani, "Effect of Climate Change on the Food Supply System: Implications for Food Processing in Nigeria. Agro-Science," *Agro-Science*, vol. 10, no. 1, pp. 72-79, 2011. Link: <https://doi.org/10.4314/as.v10i1.68722>
- [6] J. Skea, P. Shukla, A. Khourdajie and D. McCollum, "Intergovernmental Panel on Climate Change: Transparency and integrated assessment modeling," *Wiley Interdisciplinary Review*, vol. 12, no. 5, pp. 1-11, 2021. Link: <https://doi.org/10.1002/wcc.727>
- [7] Q. Weihong, *Temporal Climatology Anomalous Weather Analysis*, Springer, 2017. Link: https://doi.org/10.1007/978-981-10-3641-5_1
- [8] A. Moazami, V. Nik, S. Carlucci and S. Geving, "Impacts of Future Weather Data Typology on Building Energy Performance – Investigating Long-Term Patterns of Climate Change and Extreme Weather Conditions," *Applied Energy*, vol. 238, p. 696–720, 2019. Link: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.085>
- [9] A. Heather and D. MacIver, "Changing Weather Patterns, Uncertainty and Infrastructure Risks: Emerging Adaptation Requirements," *IEEE EIC Climate Change Technology*, 2006. Link: <https://doi.org/10.1109/EICCCC.2006.277249>
- [10] R. Vinata, M. Kumala and C. Serfiyani, "Climate Change and Reconstruction of Indonesia's Geographic Basepoints: Reconfiguration of Baselines and Indonesian Archipelagic Sea Lanes," *Marine Policy*, vol. 148, 2023. Link: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105443>
- [11] R. Puspasari, P. Rahmawati and E. Prianto, "The Effect of ENSO (El Nino Southern Oscillation) phenomenon on Fishing Season of Small Pelagic Fishes in Indonesia Waters," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 934, no. 1, 2021. Link: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/934/1/012018>
- [12] E. Nurjani, *Banyak Faktor Pengaruh Tingginya Curah Hujan*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2022. Link: <https://ugm.ac.id/id/berita/22459-pengamat-ugm-banyak-faktor-pengaruh-tingginya-curah-hujan/>
- [13] I. Harmoko, R. Wasono, T. Utami, F. Fauzi and I. Kharisudin, "Thermal Stress Projection Based On Temperature-Humidity Index (THI) Under Climate Change Scenario," *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 24, no. 1, pp. 65-73, 2023. Link: <https://img.bmkg.go.id/img/index.php/img/article/view/867>
- [14] E. Cambaza, G. Viegas and C. Cambaza, "Potential Impact Of Temperature and Atmospheric Pressure On The Number Of Cases Of COVID-19 in Mozambique, Southern Africa," *Journal of Public Health and Epidemiology*, vol. 12, no. 3, pp. 246-260, 2020. Link: <https://doi.org/10.5897/JPHE2020.1258>
- [15] J. Xiong and J. Yang, "Examining The Role Of Varying Surface Pressure In The Climate Of Early Earth," *Climate of the Past Discussions*, pp. 1-20, 2020. Link: <https://cp.copernicus.org/preprints/cp-2020-55/>
- [16] D. Pertiwi and J. Paski, "Korelasi Southern Oscillation Index (SOI) dan Dipole Mode Index (DMI) Terhadap Variabilitas Curah Hujan di Utara Jawa," *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan*

- Geofisika, vol. 2, no. 1, pp. 7-13, 2021. Link:
https://balai2bmkg.id/index.php/buletin_mkg/article/view/2
- [17] U. Nations, Penyebab dan Dampak Perubahan Iklim, United Nations, 2022.
- [18] J. Bell, M. F. Taylor, M. Amos and N. Andrew, Climate Change and Pacific Island Food Systems the Future of Food, Farming and Fishing in the Pacific Islands Under a Changing Climate, University of Wollongong, 2016. Link: <https://hdl.handle.net/10779/uow.27698706.v1>
- [19] A. Ashari, "Dampak Perubahan Iklim terhadap Ketahanan Pangan dan Adaptasinya oleh Masyarakat Pesisir," *Empiricism Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 426-431, 2023. Link:
<https://doi.org/10.36312/ej.v4i2.1611>
- [20] FAO, "Climate Change and Food Security in Pasific Island Countries," FAO, 2007.
- [21] Y. Pratama, S. Rumangkit, A. Darmawan and A. Mousadecq, "Faktor Yang Mempengaruhi Calon Mahasiswa Dalam Memilih Perguruan Tinggi Di Provinsi Lampung," *Jurnal Humanipreneur*, vol. 2, no. 2, pp. 1-9, 2023. Link: <https://doi.org/10.53091/hum.v2i2.37>
- [22] P. Dugard, J. Todman and H. Staines, Approaching Multivariate Analysis, 2nd Edition: A Practical Introduction, Routledge, 2022. Link:
<https://books.google.co.id/books?id=aMnXlwEACAAJ>
- [23] K. Ismail, F. Lestari and T. Setiawan, Kajian Ketahanan Pangan Desa Maritim Dengan Pendekatan Analisis R, Penerbit Tahta Media, 2023. Link:
<http://tahtamedia.co.id/index.php/issj/article/view/50>
- [24] M. Swandiko, A. Wirasatriya, J. Marwoto, M. Muslim, E. Indrayanti, P. Subardjo and D. Ismunarti, "Studi Persistensi Suhu Permukaan Laut Tinggi ($>30^{\circ}\text{C}$) di Perairan Selat Mala. Buletin Oseanografi Marina," *Buletin Oseanografi Marina*, vol. 10, no. 2, 2021. Link:
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma/article/view/31554>
- [25] T. Apriliani, F. Yulianta and G. Yulianto, "Strategi Konservatif Dalam Pengelolaan Wisata Bahari di Pulau Mapur, Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau," *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, vol. 16, no. 2, pp. 127-137, 2009. Link:
<https://www.neliti.com/id/publications/246121/strategi-konservatif-dalam-pengelolaan-wisata-bahari-di-pulau-mapur-kabupaten-bi#cite>
- [26] D. Diniariwisan and T. Rahmadani, "Komposisi Kelimpahan Dan Struktur Komunitas Fitoplankton Di Kawasan Pantai Sekotong, Nusa Tenggara Barat," *Ganec Swara*, vol. 18, no. 1, 2024. Link:
<https://doi.org/10.35327/gara.v18i1.766>
- [27] N. Hutabarat, I. Sakti, S. Sutarno, A. Defianti, A. Primairyani and E. Nursa'adah, "Keanekaragaman Ikan Hasil Tangkapan Nelayan di Pelabuhan Pulau Baai Kota Bengkulu," *Jurnal Ilmiah Biologi*, vol. 11, no. 2, 2023. Link:
<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i2.9130>