

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ekonomi dan pertahanan memiliki hubungan yang bersifat timbal balik dan strategis. Pernyataan tersebut muncul karena kondisi ekonomi yang baik diperlukan untuk mendorong penyusunan strategi pertahanan yang tepat dan kekuatan militer suatu negara. Sementara itu dari segi pertahanan negara, keutuhan wilayah, keselamatan bangsa, dan kedaulatan negara yang terjaga dapat menciptakan situasi dan kondisi yang baik untuk pertumbuhan ekonomi. Jika suatu negara tidak memiliki kekuatan ekonomi dan militer yang baik, maka pertahanan negara tersebut pun akan lemah (Kristiyanto et al., 2022). Oleh karena itu, penting bagi suatu negara untuk mengembangkan ekonomi dan pertahanan secara berkelanjutan sehingga dapat menciptakan kondisi yang stabil bagi pembangunan berkelanjutan yang berhubungan dengan keberlangsungan hidup manusia.

Konsep pembangunan berkelanjutan yang berfokus pada keberlangsungan hidup manusia menekankan keseimbangan antara tiga pilar utama pembangunan atau yang biasa disebut dengan 3P, yaitu *profit* dari segi ekonomi, *planet* dari segi lingkungan, dan *people* dari segi sosial masyarakat (Kementerian PPN, 2023b). Pembangunan tidak akan berorientasi pada keuntungan yang bersifat eksploitatif dan berorientasi jangka pendek jika tiga faktor tersebut diutamakan. Meskipun Indonesia telah mengadopsi konsep tersebut sejak tahun 1970-an, pembangunannya masih berfokus pada pertumbuhan ekonomi jangka pendek dan mengabaikan aspek keberlanjutan (Marwiyah & Lailatul Fitria, 2022). Hal tersebut mengakibatkan penurunan kualitas pertumbuhan ekonomi dan berpotensi mengancam keberlangsungan hidup masyarakat. Karena keterbatasan APBN dan sumber daya, pengambil kebijakan cenderung

mengejar hasil instan tanpa mempertimbangkan konsekuensi jangka panjangnya (Sofyaningrum et al., 2023).

Indonesia, dengan kekayaan sumber daya alam di laut, pegunungan, dan dataran rendah, mendorong pembangunan berkelanjutan untuk pertumbuhan ekonomi dengan mempertahankan kelestarian ekosistemnya (Marwiyah & Lailatul Fitria, 2022). Program ekonomi hijau, sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan, telah melahirkan konsep ekonomi biru. Konsep tersebut sejalan dengan Visi Indonesia 2045 tentang transformasi ekonomi menuju manufaktur dan jasa modern yang kompetitif serta memberikan nilai tambah tinggi diperlukan untuk menjamin kesejahteraan dan keadilan sosial bagi seluruh rakyat Indonesia (Kementerian PPN, 2023a).

Konsep ekonomi biru yang pertama kali diperkenalkan pada Konferensi PBB di Rio de Janeiro tahun 2012, mengutamakan pemanfaatan laut secara berkelanjutan (Lee et al., 2020). Konsep tersebut menekankan partisipasi masyarakat, efisiensi sumber daya, minimisasi limbah, dan menghasilkan nilai tambah ganda dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan (Nasution, 2022; Voyer et al., 2018). Laut sebagai sumber makanan, transportasi, dan perdagangan komersional memiliki potensi besar untuk mendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia sebagai negara maritim dan negara kepulauan terbesar (Martínez-Vázquez et al., 2021).

Meskipun Indonesia dikenal sebagai negara maritim, tantangan dalam menjaga keberlanjutan potensi kelautan dan perikanan masih dihadapi oleh negara tersebut. Pencapaian nilai *maximum sustainable yield* (MSY) Indonesia yang melambat menunjukkan perlunya pengelolaan yang baik dan bertanggung jawab (Nasution, 2022). Pemerintah Indonesia telah menetapkan kawasan konservasi dengan pendekatan zonasi untuk melindungi potensi kelautan dan perikanan. Perairan Sumatera menjadi salah satu wilayah yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi untuk

mendukung kelestarian sumber daya ikan (Akbar, 2022; Rusandi et al., 2021).

Pulau Sumatera sebagai salah satu pulau terbesar di Indonesia, dengan luas 473.600 kilometer persegi, memiliki potensi sumber daya kelautan dan perikanan yang besar, terutama di Sumatera Utara, Sumatera Selatan, dan Sumatera Barat (Makmur et al., 2022). Meskipun demikian, nilai *Indonesia's Blue Economy Index* (IBEI) di tingkat provinsi di Pulau Sumatera masih berada di bawah rata-rata nasional. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh fokus yang lebih besar pada pemanfaatan sumber daya daripada pembangunan berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan (Kementerian PPN, 2023a).

Fakta tersebut menunjukkan bahwa pentingnya hubungan antara potensi ekonomi biru di tingkat kabupaten dan kota dengan kinerja ekonomi laut di tingkat provinsi memunculkan kebutuhan akan penelitian lebih lanjut. Berdasarkan studi literatur terdahulu mengenai ekonomi biru yang telah disampaikan sebelumnya, penyusunan indeks ekonomi biru (IEB) sebagai alat ukur potensi ekonomi biru untuk tingkat kabupaten dan kota diperlukan karena adanya celah penelitian mengenai pembentukan IEB di tingkat kabupaten dan kota. Hal tersebut akan menjadi keterbaruan yang unik dan inovatif. Sesuai dengan tujuan kebijakan pembangunan kelautan nasional yang tercantum dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2005-2025, alat ukur tersebut diharapkan dapat membantu Indonesia mencapai target ke-14 dari *Sustainable Development Goals* (SDGs), yaitu *Life Below Water*, melalui tingkat lokal kabupaten dan kota (Kaczan & Rodrigues, 2021; Wibowo et al., 2023).

Keberlanjutan potensi ekonomi biru dapat dipengaruhi oleh berbagai aspek, salah satunya adalah iklim global. Kenaikan permukaan laut dan perubahan pola cuaca yang ekstrem dan sering terjadi memiliki dampak terhadap ekonomi biru. Di samping itu, perubahan suhu laut, peningkatan keasaman, dan perubahan arus laut utama secara nyata mengancam

kelangsungan hidup biota laut, habitat, dan masyarakat yang bergantung padanya. Akibatnya, potensi keberlanjutan ekonomi biru juga terancam (Maeyangsari, 2023). Pemodelan perubahan iklim dapat dilakukan menggunakan teknik statistik yang dikenal sebagai *Statistical Downscaling* (SD). SD merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mendapatkan informasi iklim pada skala lokal, seperti yang dihasilkan oleh *Regional Climate Model* (RCM), dengan memanfaatkan data iklim skala global yang diperoleh dari *Global Climate Model* (GCM). Oleh karena itu, perubahan variasi iklim yang secara nyata melibatkan pengaruh spasial, temporal, dan regional dapat disederhanakan menggunakan pemodelan SD dari data iklim global yang dikumpulkan (Djuraidah et al., 2021).

Model GCM merupakan alat penting untuk mempelajari perubahan pola global suhu, curah hujan, dan kandungan panas di lautan sebagai akibat dari perubahan konsentrasi gas rumah kaca dan komposisi atmosfer. Sejak tahun 1950-an dan 60-an, konsep GCM telah berkembang. Meskipun mengalami kemajuan, GCM masih memiliki keterbatasan dalam mensimulasikan variabel iklim, terutama terkait dengan variasi tahunan dan musiman. Resolusi spasial GCM yang kasar tidak cukup untuk mensimulasikan suhu, curah hujan, awan, dan proses aerosol, dan iklim di daerah pegunungan dan pesisir. Oleh karena itu, perlu dilakukan penurunan skala simulasi GCM ke skala regional dengan tujuan mendapatkan data iklim yang berkualitas tinggi dari GCM untuk digunakan dalam studi perubahan iklim (Kundzewicz et al., 2018; Tefera et al., 2024).

Pemodelan perubahan iklim, khususnya dalam konteks ekonomi biru, melibatkan berbagai tantangan dan ketidakpastian. Teknik penskalaan statistik dan dinamik (*statistical* dan *dynamical downscaling*) digunakan untuk mengonversi informasi iklim dari simulasi GCM ke skala regional dan lokal. Teknik *statistical downscaling* yang memanfaatkan data iklim yang diamati secara lokal dan simulasi GCM memiliki potensi untuk meningkatkan akurasi. Teknik ini menggunakan variabel iklim yang berasal

dari simulasi GCM dan data iklim yang diamati secara lokal untuk membuat fungsi yang mampu mengonversi skala simulasi GCM menjadi skala regional. Namun, teknik-teknik tersebut rentan terhadap ketidakstasioneran yang dapat membatasi teknik tersebut dalam memproyeksikan perubahan iklim di masa depan (Lanzante et al., 2018; Sachindra & Perera, 2016).

Selain itu, proyeksi perubahan iklim juga dipengaruhi oleh ketidakpastian yang berasal dari simulasi model iklim (GCM dan RCM). Ketidakpastian GCM di mana model-model yang berbeda menghasilkan proyeksi yang berbeda menjadi sumber ketidakpastian utama di berbagai wilayah geografis dunia, khususnya untuk jangka waktu yang lama. Ketidakpastian tersebut dapat bervariasi tergantung pada variabel iklim, wilayah, dan periode waktu. Misalnya, ketidakpastian GCM lebih besar dalam proyeksi curah hujan dibandingkan dengan proyeksi suhu, terutama di daerah tropis dan dalam jangka waktu yang lebih panjang. Penggunaan beberapa GCM dan teknik *downscaling* direkomendasikan untuk mengurangi ketidakpastian yang muncul (Tefera et al., 2024; Wootten et al., 2017).

Pemodelan SD yang digunakan untuk menganalisis dampak perubahan iklim pada skala lokal dengan menggunakan data global menunjukkan adanya kompleksitas faktor-faktor yang mempengaruhi keberlanjutan ekonomi biru. Jumlah data yang banyak terkait iklim global menghasilkan sejumlah besar variabel prediktor yang perlu dipertimbangkan dalam analisis. Banyaknya variabel prediktor dalam analisis regresi berpotensi menimbulkan masalah multikolinearitas, yaitu kondisi ketika dua atau lebih variabel prediktor memiliki korelasi yang kuat satu sama lain (Pendi, 2021; Wangge, 2021). Reduksi dimensi dengan *Principal Component Analysis* (PCA) dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut (Hasan & Abdulazeez, 2021; Hedyati & Suartana, 2021).

Selanjutnya untuk memahami dampak perubahan iklim terhadap potensi ekonomi biru dan mengukur potensi keberlanjutannya, diperlukan

model yang dapat memperhitungkan faktor spasial dan temporal. Data ekonomi seringkali menunjukkan pola yang dipengaruhi oleh lokasi dan waktu sehingga regresi spatio-temporal dengan pendekatan metode Bayesian dapat digunakan untuk memodelkan hubungan tersebut (Bivand et al., 2014). Metode Bayesian menjadi solusi yang efektif dalam memodelkan fenomena yang kompleks. Keunikan metode ini terletak pada kemampuannya untuk merepresentasikan kompleksitas model dengan merancang struktur hierarki data dan parameter. Pemodelan Bayesian untuk data spatio-temporal sangat cocok untuk menangani data dengan jumlah observasi yang besar. Hal tersebut dikarenakan model Bayesian mampu menggabungkan data dari berbagai lokasi dalam periode waktu yang panjang (Djuraidah et al., 2021).

Tantangan dalam pemodelan Bayesian untuk data spatio-temporal dalam jumlah yang besar dapat diatasi menggunakan inferensi Bayesian dengan *Integrated Nested Laplace Approximation* (INLA) untuk mendapatkan distribusi posterior gabungan dari parameter (Maulina et al., 2019; Wang et al., 2018). Pendekatan INLA digunakan untuk mendapatkan efisiensi waktu dan akurasi estimasi parameter dari inferensi Bayesian untuk model yang memiliki kompleksitas spatio-temporal (Blangiardo & Cameletti, 2015; Djuraidah et al., 2021). Aproksimasi *Laplace* digunakan oleh INLA untuk mengaplikasikan distribusi prior ke distribusi posterior yang diperoleh (Morales-Otero et al., 2022). Inferensi Bayesian dengan INLA pada model yang sangat kompleks, seperti data spatio-temporal Bayesian menggunakan data berskala global dalam pemodelan SD digunakan untuk memastikan bahwa estimator yang diperoleh bersifat konvergen, akurat, dan efisien.

Aplikasi metode Bayesian dengan pendekatan INLA dalam pemodelan spatio-temporal digunakan untuk mengidentifikasi pola geografis dari data dengan mengamati pola spasial dari wilayah yang saling berdekatan dan pola temporal dari waktu ke waktu yang dijelaskan dalam

kerangka kerja hierarkis (Blangiardo & Cameletti, 2015; Moraga, 2020; Rachmawati & Pusponegoro, 2018). Berdasarkan tren temporal dan pengembangannya, tiga model spatio-temporal yang dapat dibentuk adalah model parametrik, nonparametrik, dan nonparametrik dengan interaksi (Sani et al., 2023). Analisis spatio-temporal yang mendalam pada model yang dibentuk menjadi landasan penting dalam merancang strategi yang efektif untuk mendorong keberlanjutan ekonomi biru. Oleh karena itu, hasil penentuan model terbaik berdasarkan nilai Watanabe-Akaike *Information Criterion* (WAIC) akan digunakan sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi strategi tersebut (Wang et al., 2018).

Sebagaimana dijelaskan pada paragraf sebelumnya, dapat diketahui bahwa studi literatur terdahulu menunjukkan bahwa kajian mengenai ekonomi biru secara kuantitatif masih terbatas, terutama dalam mengukur potensi ekonomi biru di tingkat kabupaten dan kota. Selain itu, pemodelan *statistical downscaling* pada regresi spatio-temporal Bayesian untuk mengkaji ekonomi biru juga belum ada. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki dua tujuan utama yang ingin dicapai. Dua tujuan tersebut antara lain: 1) Membentuk IEB untuk 154 kabupaten dan kota di Pulau Sumatera menggunakan 38 variabel yang berasal dari dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi; 2) Mengidentifikasi faktor-faktor iklim global yang berpengaruh signifikan terhadap IEB di Pulau Sumatera dari tahun 2019 hingga 2022 melalui model *statistical downscaling* pada regresi spatio-temporal Bayesian terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana penyusunan indeks ekonomi biru (IEB) kabupaten/kota di Pulau Sumatera?
- b. Bagaimana reduksi variabel prediktor pada pemodelan *Statistical Downscaling* (SD)?

- c. Bagaimana pembentukan regresi spatio-temporal pada indeks ekonomi biru (IEB) di pemodelan *Statistical Downscaling* (SD)?
- d. Bagaimana pengaruh iklim global terhadap indeks ekonomi biru (IEB) dengan pemodelan spatio-temporal Bayesian?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan penelitian yang ingin dicapai antara lain:

- a. Menyusun indeks ekonomi biru (IEB) kabupaten/kota di Pulau Sumatera.
- b. Mereduksi variabel prediktor pada pemodelan *Statistical Downscaling* (SD).
- c. Membentuk regresi spatio-temporal dengan respons indeks ekonomi biru (IEB) pada pemodelan *Statistical Downscaling* (SD).
- d. Mengetahui pengaruh iklim global terhadap indeks ekonomi biru (IEB) dengan pemodelan spatio-temporal Bayesian.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan pemodelan spatio-temporal yang berfokus pada tingkat kabupaten dan kota di Pulau Sumatera sebagai lokasi penelitian. Variabel respons indeks ekonomi biru (IEB) dalam penelitian ini disusun menggunakan data yang diperoleh dari berbagai sumber, yaitu Statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), Sata Data Pariwisata dan Ekonomi Kreatif (Parekraf), dan Badan Pusat Statistik (BPS). Data iklim global yang berperan sebagai variabel prediktor diperoleh dari *Copernicus Climate Data Store (ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present)*. Rentang waktu data yang digunakan dalam penelitian ini adalah tahun 2019 hingga 2022.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat baik secara teoritis maupun praktis sebagai berikut.

a. Manfaat Teoritis

- 1) Menghasilkan peta penyebaran pola spasial dan interaksi antara spasial dan temporal untuk potensi *blue economy* secara global di Pulau Sumatera.
- 2) Menghasilkan tren temporal potensi *blue economy* secara global di Pulau Sumatera.
- 3) Memberikan pemahaman yang komprehensif dan informatif tentang hubungan antara variabel-variabel iklim global yang berpengaruh signifikan dan potensi *blue economy* secara global di Pulau Sumatera.
- 4) Memberikan landasan bagi pengembangan model yang lebih baik pada penelitian selanjutnya.

b. Manfaat Praktis

- 1) Memberikan referensi bagi pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan terkait dalam menyusun program dan kebijakan yang berkelanjutan untuk mendorong potensi sektor ekonomi biru, serta merancang strategi mitigasi yang efektif dan adaptif terhadap perubahan iklim yang berdampak pada sektor tersebut.
- 2) Memberikan informasi bagi pelaku usaha dalam mengidentifikasi peluang bisnis baru yang berkelanjutan dengan memanfaatkan potensi sektor ekonomi biru.