

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Layanan ekosistem adalah sesuatu dari ekosistem yang bermanfaat untuk manusia (Costanza, *et al.*, 1998). Layanan ekosistem merupakan kontribusi dari berbagai struktur dan fungsi ekosistem yang saling terkait. Pendekatan layanan ekosistem (*Ecosystem service*) merupakan pendekatan yang dibangun atas dasar pemikiran bahwa seluruh ekosistem di dunia adalah terkait dan tidak satu ekosistem pun dapat berfungsi sebagai satu sistem yang seluruhnya tertutup (MEA, 2005). Ekosistem yang berfungsi dengan baik dan sumber daya alam merupakan dasar untuk layanan ekosistem yang konstan kepada manusia. Layanan ekosistem yang terdapat pada kawasan pesisir antara lain ekosistem estuaria, mangrove, terumbu karang, padang lamun dan pulau-pulau kecil. Ekosistem-ekosistem tersebut saling terkait dalam memberikan layanan ekosistem sebagai produsen dalam rantai makanan, pendukung kehidupan organisme yaitu sebagai daerah asuhan (*nursery ground*), mencari makan (*feeding ground*), dan daerah pemijahan (*spawning ground*). Ekosistem mangrove dan lamun pada daerah pesisir dapat memberikan layanan ekosistem sebagai peredam gelombang yang menghantam sehingga dapat mencegah abrasi pantai, selain itu juga dapat menghasilkan serasah yang dapat dimanfaatkan oleh detritus dan dekomposer, serta merupakan organisme yang mampu menjaga siklus karbon di ekosistem pesisir.

Karbon biru pesisir (*Coastal Blue Carbon*) adalah salah satu layanan yang terdapat pada kawasan pesisir yang diberikan oleh ekosistem mangrove dan lamun (*Seagrass*). Mangrove merupakan salah satu potensi karbon biru pesisir karena berperan dalam pemanfaatan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) untuk proses fotosintesis dan menyimpannya dalam stok biomass dan sedimen. Karbon diakumulasi pada biomassa pohon bagian atas dan bawah serta dalam sedimen. Karbon yang terakumulasi dalam biomassa mangrove dapat mengalami resirkulasi untuk kembali ke atmosfer melalui mekanisme respirasi dan dekomposisi (Ati, *et al.*,

2014). Sistem perakaran mangrove yang rapat memungkinkan karbon terperangkap dalam lingkungan mangrove dan meminimalisasi ekspor nutrient keluar kawasan (Wahyudi *et al.*, 2018). Organisme *heterotrof* mengkonsumsi lebih banyak karbon organik daripada produksi primer sehingga organisme tersebut menjadi sumber CO<sub>2</sub> ke atmosfer (Borges, 2011; Afdal, 2007), namun pada daerah pesisir yang memiliki vegetasi mangrove, mikroalga dan lamun dapat memanfaatkan *dissolve inorganic carbon* untuk fotosintesis (Rustam *et al.*, 2013). Hasil karbon organik dari fotosintesis dikonsumsi oleh zooplankton. Beberapa karbon organik dilepaskan dalam bentuk terlarut (DOC) dan oksidasi oleh bakteri dengan produksi DOC bersih yang masuk ke reservoir samudera. Penenggelaman partikel organik karbon (POC) yang terdiri dari organisme yang telah mati dan detritus bersama-sama dengan transfer vertikal DOC menciptakan suatu fluks karbon organik yang mengarah ke bawah dari permukaan samudera yang dikenal sebagai "produksi ekspor" (Afdal, 2007)

Ekosistem laut dan darat membantu mengatur iklim bumi dengan menambahkan dan mengurangi efek gas rumah kaca (*Greenhouse gas/GHG*s) seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari dan ke atmosfer. Rawa pantai, mangrove dan lamun secara khususnya menyimpan sejumlah besar karbon dalam sedimen, daun, dan bentuk-bentuk biomassa lainnya. Ekosistem laut mengumpulkan karbon dalam sedimen, menciptakan penyimpanan jangka panjang yang besar. Dengan menyimpan karbon, ekosistem laut menjaga CO<sub>2</sub> keluar dari atmosfer sehingga akan berkontribusi pada perubahan iklim. Aktivitas manajemen yang mengubah tutupan vegetasi pantai, seperti restorasi padang lamun dan membersihkan hutan bakau, mengubah kemampuan daerah pesisir dan laut untuk menyimpan dan menyerap karbon (Nelson, *et al.*, 2018).

Perhitungan layanan ekosistem karbon biru pesisir penting dilakukan untuk mengetahui nilai karbon yang terkandung pada ekosistem pesisir. Pentingnya perhitungan nilai karbon juga disebabkan karena komitmen Indonesia pada *Conference of Parties United Nations Climate Change Convention (COP UNFCCC)* Ke-13 di Bali pada Tahun 2007, Pemerintah Indonesia secara sukarela akan menurunkan emisi GRK 26% dengan usaha sendiri atau mencapai 41%

dengan bantuan internasional pada tahun 2020. Tindaklanjut komitmen Indonesia tersebut kemudian dikeluarkan PERPRES No.61 Tahun 2011 tentang Rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK ). Gas Rumah Kaca adalah gas yang terkandung dalam atmosfer baik alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah

Pesisir Teluk Semarang merupakan kawasan perairan dan daratan di sepanjang pantai yang membentang dari muara Kali Bodri di Kabupaten Kendal di sebelah barat, pantai Kota Semarang sampai dengan sekitar muara Kali Wulan di Kabupaten Demak di bagian timur yang mempunyai panjang pantai sekitar 105 km. Pesisir Teluk Semarang saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat karena Kota Semarang merupakan ibu kota provinsi dan merupakan pusat pertumbuhan utama Jawa Tengah. Sebagai konsekuensi perkembangan tersebut serta karena kondisi alamiahnya, saat ini pesisir Teluk Semarang mengalami berbagai permasalahan yang sangat kompleks. Permasalahan tersebut terutama adalah rob dan banjir, penurunan muka tanah, dan abrasi pantai (Wibowo, 2018).

Berdasarkan dinamika yang terjadi di pesisir Teluk Semarang, pengetahuan mengenai layanan ekosistem karbon biru pesisir pada ekosistem mangrove menjadi sangat penting dilakukan, karena dapat dijadikan salah satu tolok ukur mengenai perubahan kondisi wilayah pada pesisir tersebut dari sudut pandang perubahan layanan ekosistem pada mangrove. Pengetahuan mengenai layanan ekosistem selama ini dikaji dari aspek valuasi ekonomi dan penggambaran secara deskriptif. Pemodelan spasial dan pemetaan layanan ekosistem belum banyak dilakukan. Pemodelan spasial juga dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan layanan ekosistem yang akan terpengaruh akibat peningkatan aktifitas manusia terhadap pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan dan pengembangan wilayah berdasarkan berbagai skenario yang dikehendaki oleh pemangku kepentingan. *Output* yang dihasilkan berupa peta spasial dan temporal berdasarkan pemodelan yang diperoleh dari data penginderaan jauh yang diinputkan. *Output* yang dihasilkan menjadi masukan untuk menentukan kebijakan dan pengambilan keputusan dengan lebih tepat sehingga tercapai manajemen yang berkelanjutan terhadap sumber daya alam,

optimasi penggunaan wilayah, perlindungan lingkungan, konservasi dan pemulihan alam, perencanaan pemanfaatan wilayah, solusi berbasis alam, perlindungan iklim, pengurangan risiko bencana, untuk pendidikan dan penelitian lingkungan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Teluk Semarang merupakan salah satu teluk yang terdapat di Provinsi Jawa Tengah. Teluk Semarang secara administratif terbagi menjadi 3 (tiga) daerah pemerintahan yaitu Kabupaten Kendal, Kota Semarang dan Kabupaten Demak. Teluk Semarang merupakan wilayah pesisir yang padat penduduk dan memiliki aktivitas yang kompleks. Kota Semarang merupakan pusat pertumbuhan ekonomi, industri dan jasa serta memiliki jumlah penduduk yang padat akibat pertumbuhan serta urbanisasi yang tinggi sehingga menyebabkan kebutuhan lahan, jasa dan infrastruktur yang memadai. Permasalahan di Teluk Semarang akibat perkembangan yang pesat tersebut mendorong terjadinya konversi lahan mangrove menjadi pemukiman, tambak, industri serta berbagai infrastruktur lainnya guna mendukung kehidupan manusia. Konversi ekosistem mangrove yang terjadi menyebabkan kondisi fisik pantai rentan terhadap abrasi, kondisi tersebut diperparah dengan aktivitas bangunan pantai yang menjorok ke laut sehingga memicu terjadinya abrasi pantai pada daerah sekitarnya. Penurunan muka tanah (*land subsidence*) akibat pengambilan air tanah berlebih yang menciptakan rongga di bawah permukaan tanah hingga terjadi amblesan juga turut menambah kompleksnya permasalahan di Teluk Semarang. Permasalahan tersebut menyebabkan terganggunya berbagai aktivitas perekonomian dan pembangunan di Teluk Semarang.

Perubahan wilayah pesisir yang terjadi akibat konversi lahan dan pembangunan bangunan pantai yang menjorok ke laut serta penurunan muka tanah secara langsung juga berdampak terhadap fungsi ekosistem mangrove sebagai penyedia layanan karbon biru pesisir. Ekosistem mangrove pada beberapa daerah turut terabrasi akibat pengaruh gelombang yang menerpa pesisir pantai.

Mangrove sebagai pelindung pantai dari abrasi menjadi tidak mampu melakukan fungsinya tersebut dikarenakan luasannya yang semakin berkurang, perubahan pola arus dan gelombang akibat bangunan pantai yang menjorok ke laut serta penurunan muka tanah yang turut meningkatkan gangguan terhadap ekosistem mangrove tersebut.

Kerugian yang dirasakan akibat abrasi dan banjir rob yang terjadi di Teluk Semarang mendorong pemerintah daerah melakukan rehabilitasi terhadap ekosistem mangrove di Teluk Semarang. Dinamika ekosistem mangrove pada Teluk Semarang turut menyebabkan perubahan nilai karbon biru pesisir. Dinamika ekosistem mangrove tersebut selama ini hanya dikaji secara deskriptif dan belum dilakukan pemetaan dan pemodelan spasial terhadap layanan ekosistem mangrove sebagai penyedia karbon biru di pesisir. Layanan ekosistem yang belum terpetakan secara lengkap berdasarkan kronologis serta keruangan tersebut menjadi masalah tersendiri yang dihadapi saat ini. Perubahan layanan ekosistem yang disebabkan oleh suatu pengembangan wilayah atau karena pengaruh alam baik yang dipicu oleh manusia atau murni karena faktor alami tidak dapat diketahui nilainya, padahal pengetahuan tersebut berguna untuk manajemen wilayah pesisir secara terpadu. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu metode perhitungan layanan ekosistem secara cepat dan dapat menggambarkan kondisi dahulu, terkini serta memperkirakan kondisi layanan ekosistem berdasarkan berbagai skenario yang dikehendaki oleh pemangku kepentingan. Pada penelitian ini menggunakan pemodelan *Integrated Valuation Of Ecosystem Services And Tradeoffs (INVEST)*.

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan Pemodelan yang dapat digunakan untuk memetakan dan memodelkan perubahan layanan ekosistem karbon biru pesisir dengan memprediksi jumlah karbon yang tersimpan pada wilayah pesisir di waktu tertentu karena perubahan penggunaan dan tutupan lahan. Model ini juga dapat memperkirakan nilai karbon biru pesisir berdasarkan nilai harga pasar dan bukan harga pasar (*market value and non market value*) untuk karbon yang disimpan. Hasil dari model *INVEST* Karbon biru pesisir dapat digunakan untuk membandingkan karbon saat ini dan masa depan, persediaan dan

penyerapan, serta mengidentifikasi daerah yang mengalami degradasi ekosistem pesisir atau sebaliknya sehingga pemodelan ini dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi layanan ekosistem berdasarkan perubahan wilayah yang terjadi di Teluk Semarang serta rencana pengembangan yang akan dilakukan dimasa yang akan datang sesuai yang direncanakan. Untuk mendukung penelitian ini maka perlu dilakukan identifikasi permasalahan yang ada di Teluk Semarang diantaranya:

- 1) Apakah terjadi perubahan penggunaan lahan di kawasan pesisir Teluk Semarang dari tahun 1990, 2000, 2009 sampai dengan Tahun 2018?
- 2) Apa dampak yang ditimbulkan akibat konversi lahan yang terjadi pada kawasan pesisir Teluk Semarang tersebut?
- 3) Berapa besar nilai perubahan karbon biru pesisir dari Tahun 1990, 2000, 2009, 2018 sampai dengan Tahun 2068 di Teluk Semarang?
- 4) Bagaimana caranya memperoleh nilai perubahan layanan ekosistem karbon biru pada Teluk Semarang dari tahun 1990 sampai dengan Tahun 2018?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan wilayah studi yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada batasan secara ekologi Teluk Semarang. Secara administratif wilayah studi ini mencakup wilayah pesisir Kabupaten Kendal, Kota Semarang dan Kabupaten Demak. Batas wilayah pesisir mengacu pada mengacu pada Undang-undang No.27 Tahun 2007 tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil juncto Undang-undang No.1 Tahun 2014 tentang perubahan atas undang-undang no. 27 tahun 2007 tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Pada penelitian ini digunakan batas wilayah pesisir di daratan yang berupa area kecamatan pesisir atau area kecamatan yang berbatasan langsung dengan laut. Pada penelitian ini tidak mengkaji wilayah pesisir di perairan laut yang meliputi 12 mil dari garis pantai.

Perhitungan layanan ekosistem karbon biru pesisir pada penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan pemodelan spasial. Pendekatan ini

menggunakan data spasial penginderaan jauh satelit *Landsat* Tahun 1990, 2000, 2009 dan *landsat* Tahun 2018 yang diinterpretasikan dengan model nilai layanan ekosistem karbon biru pesisir pada perangkat lunak pemodelan *Integrated Valuation of Ecosystem Services And Tradeoffs (INVEST)* yang dapat diunduh secara bebas (*Open source*) (<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/INVEST/>). Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Stanford University. Panduan penggunaan perangkat lunak ini merujuk pada Nelson *et al.*, (2018) dan Tallis *et al.*, (2011).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Melakukan pemetaan penggunaan lahan di kawasan pesisir Teluk Semarang dari tahun 1990, 2000, 2009 sampai dengan Tahun 2018
- 2) Mengkaji dampak yang ditimbulkan akibat konversi area ekosistem mangrove terhadap layanan ekosistem karbon biru pesisir dengan menggunakan pemodelan spasial untuk mengkaji perubahan stok karbon, penyerapan karbon, emisi karbon, akumulasi karbon dan nilai karbon berdasarkan harga pasar dari Tahun 1990, 2000, 2009, 2018 sampai dengan Tahun 2068 di Teluk Semarang

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat:

- 1) Memberikan informasi spasial dan temporal mengenai kondisi lahan daratan di Teluk Semarang berdasarkan analisis data penginderaan jauh satelit *landsat* Tahun 1990, 2000, 2009 dan Tahun 2018
- 2) Memberikan informasi spasial dan temporal terkait dampak yang ditimbulkan akibat konversi area ekosistem mangrove terhadap layanan ekosistem karbon biru pesisir yang mencakup stok karbon, penyerapan karbon, emisi karbon,

akumulasi karbon dan nilai karbon berdasarkan harga pasar dari Tahun 1990, 2000, 2009, 2018 sampai dengan Tahun 2068 di Teluk Semarang

- 3) Memberikan masukan pada rencana pengelolaan dan pengembangan wilayah pesisir di Teluk Semarang secara seimbang antara kebutuhan dan kelestarian layanan ekosistem karbon biru pesisir
- 4) Memberikan khasanah pengetahuan baru mengenai pemodelan spasial untuk perhitungan layanan ekosistem karbon biru pesisir serta membuka peluang untuk dikembangkan penelitian lanjutan mengenai pemodelan berdasarkan kondisi habitat yang berbeda dan cakupan yang lebih luas.