

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teluk Semarang

Teluk Semarang merupakan perairan pantai yang terbentang mulai dari Tanjung Korowelang Kabupaten Kendal sampai pantai Morodemak Kabupaten Demak. Sifat perairan tersebut hampir sama di semua tempat, kecuali beberapa lokasi dekat muara sungai, lokasi sekitar bangunan pemecah gelombang (*pier*), lokasi perairan dekat timbunan atau rendaman kayu milik PT. Kayu Lapis Indonesia (PT.KLO), dan lokasi-lokasi perairan di Teluk Semarang yang terdapat tumpukan besi tua akibat dari kapal-kapal tenggelam di masa lalu, titik-titik lokasi ini menurut hasil pengamatan ada kemungkinan memiliki sedikit perbedaan densitas maupun diversitas organisme dibanding dengan lokasi-lokasi lain. Di perairan Teluk Semarang terdapat pelabuhan Tanjung Mas, dimana kawasan ini merupakan pusat kegiatan bongkar muat kapal-kapal niaga besar yang hampir setiap tahunnya mengalami perkembangan lahan kegiatan. Perkembangan penambahan lahan tersebut lebih menjorok ke arah laut dari kondisi semula dan dilakukan dengan cara menimbun lahan perairan pantai dengan tanah-tanah urug gempuran padas dari daerah pegunungan. Akibat dari penimbunan tersebut garis pantai menjadi berubah-ubah dan sangat berpengaruh terhadap *hydrodinamika* air laut (Suhariyono, 2003). Jarak antara pantai Tanjung Korowelang Kabupaten Kendal ke pantai Morodemak Kabupaten Demak sekitar 23 mil dengan luas perairan kurang lebih 170,2 km² (Adinugroho *et al.*, 2014).

Kota Semarang memiliki kawasan vital bagi pertumbuhan ekonomi diantaranya adalah kawasan ekonomi strategis yang berlokasi di sepanjang pantai Semarang, seperti kawasan industri Tugu, kawasan industri, pelabuhan niaga Tanjung Mas, bandar udara Ahmad Yani, PLTU dan PLTG Tambak Lorok. Di Kendal terdapat industri Kayu Lapis dan pelabuhan Kendal, sedangkan di Demak terdapat pelabuhan-pelabuhan perikanan. Hal ini berpotensi mencemari lingkungan perairan Teluk Semarang (Adinugroho *et al.*, 2014). Teluk Semarang

secara administratif masuk ke dalam 3 (tiga) wilayah Pemerintahan daerah yaitu Kabupaten Kendal, Kota Semarang dan Kabupaten Demak.

2.1.1 Kabupaten Kendal

Kabupaten Kendal merupakan satu dari 35 kabupaten/kota yang berada dalam wilayah Provinsi Jawa Tengah dengan posisi geografis berkisar antara $109^{\circ}40'$ – $110^{\circ}18'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}32'$ – $7^{\circ}24'$ Lintang Selatan. Wilayah Kabupaten Kendal di sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan kota Semarang, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Temanggung dan sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Batang. Topografi Kabupaten Kendal terbagi dalam tiga jenis yaitu: daerah pegunungan yang terletak di bagian paling selatan dengan ketinggian antara 0 sampai dengan 2.579 m dpl. Suhu berkisar antara 25° C. Kemudian daerah perbukitan berada di sebelah tengah dan dataran rendah serta pantai di sebelah utara dengan ketinggian antara 0 s/d 10m dpl dan suhu berkisar 27° C. Kabupaten Kendal bisa dikatakan sebagai kabupaten yang mempunyai wilayah agraris. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya luas lahan yang digunakan untuk pertanian. Dari seluruh luas lahan yang ada di Kabupaten Kendal, dipergunakan untuk tanah sawah 25,02%, tegalan 22,25%, hutan 15,69%, perkebunan 7,85%, lahan bukan pertanian 23,52% dan Lain-lain sebesar 5,67% (BPS Kabupaten Kendal, 2018).

2.1.2 Kota Semarang

Kota Semarang terletak antara garis $6^{\circ}50'$ - $7^{\circ}10'$ Lintang Selatan dan garis $109^{\circ}35'$ - $110^{\circ}50'$ Bujur Timur. Dibatasi sebelah Barat dengan Kabupaten Kendal, sebelah Timur dengan kabupaten Demak, sebelah Selatan dengan kabupaten Semarang dan sebelah Utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai meliputi 13,6 km. Ketinggian Kota Semarang terletak antara 0,75 sampai dengan 348,00 di atas garis pantai. Secara administratif, Kota Semarang terbagi atas 16 wilayah Kecamatan dan 177 Kelurahan. Luas wilayah Kota Semarang tercatat $373,70 \text{ km}^2$. Luas yang ada, terdiri dari $39,56 \text{ km}^2$ (10,59%) tanah sawah dan 334,14 (89,41%) bukan lahan sawah. Menurut penggunaannya, luas tanah sawah terbesar merupakan tanah sawah tadah hujan (53,12%), dan hanya

sekitar 19,97% nya saja yang dapat ditanami 2 (dua) kali. Lahan kering sebagian besar digunakan untuk tanah pekarangan/tanah untuk bangunan dan halaman sekitar, yaitu sebesar 42% dari total lahan bukan sawah. Iklim Kota Semarang pada tahun 2017 suhu rata-rata tahunan adalah 26,7° C, dalam setahun curah hujan rata-rata adalah 2182 mm, bulan terkering adalah bulan agustus dengan curah hujan hanya 50 mm. (BPS Kota Semarang, 2018)

2.1.3 Kabupaten Demak

Demak sebagai salah satu kabupaten di Jawa Tengah terletak pada koordinat 6°43'26'' – 7°09'43'' Lintang Selatan dan 110°27'58'' – 110°48'47'' Bujur Timur. Wilayah ini sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Jepara dan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Kudus dan Kabupaten Grobogan, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Semarang, serta sebelah barat berbatasan dengan Kota Semarang. Jarak terjauh dari barat ke timur adalah sepanjang 49 km dan dari utara ke selatan sepanjang 41 km. Dilihat dari ketinggian permukaan tanah dari permukaan laut (elevasi), wilayah Demak terletak mulai dari 0 m sampai dengan 100 m dari permukaan laut. Sedang dari tekstur tanahnya, wilayah Demak terdiri atas tekstur tanah halus (liat) seluas 49.066 ha dan tekstur tanah sedang (lempung) seluas 40.677 ha. Secara administratif luas wilayah Kabupaten Demak adalah 89.743 ha, terdiri atas 14 kecamatan, 243 desa, dan 6 kelurahan. Sebagai daerah agraris yang kebanyakan penduduknya hidup dari pertanian, sebagian besar wilayah Kabupaten Demak terdiri atas lahan sawah yang mencapai luas 52.315 ha (58,29%), dan selebihnya adalah lahan kering. Menurut penggunaannya, sebagian besar lahan sawah yang berpengairan teknis adalah 64.09% dan tadah hujan 35,01%. Sedang untuk lahan kering 31,21% digunakan untuk tegal/kebun, 5.27% sementara tidak digunakan, serta 24.09% digunakan untuk tambak (BPS Kabupaten Demak, 2018).

2.2 Karakteristik Sel Sedimen di Teluk Semarang

Perairan Teluk Semarang menurut Hasanudin (1998) *dalam* (Wibowo, 2018) merupakan bagian dari utara Pulau Jawa. Pengaruh Laut Cina Selatan akan terasa pada musim Barat (Desember-Februari), karena pada musim ini angin bertiup dari Timur Laut (dari Laut Cina Selatan) menuju Barat Daya (Pulau Sumatera) yang kemudian dibelokkan ke arah Tenggara menyusur Selat Karimata dan Laut Jawa. Sedangkan pada musim Timur (Juni-Agustus) angin bertiup sebaliknya, yaitu dari Tenggara ke Barat Laut yang kemudian dibelokkan ke arah Laut Cina selatan. Sel sedimen sebagaimana diungkapkan oleh Crown (2001) *dalam* Khakhim, (2003) adalah satuan panjang pantai yang mempunyai keseragaman kondisi fisik dengan karakteristik dinamika sedimen dalam wilayah pergerakannya tidak mengganggu keseimbangan kondisi pantai yang berdekatan.

Konsep sel sedimen didasarkan pada keseimbangan angkutan sedimen, merupakan suatu konsep dimana interaksi antara energi gelombang dengan sedimen kasar di daerah dekat pantai menyebabkan sedimen tersebut terangkut dan di endapkan pada batas-batas tertentu. Sel-sel diidentifikasi berdasarkan pada morfologi (profil pantai), proses pantai dan sirkulasi sedimen berada di dalamnya. Batas-batasnya membagi daerah sepanjang pantai menjadi unit-unit yang saling bergantung walaupun memiliki proses fisik yang berbeda sebagaimana diungkapkan oleh DKP-Ditjen KP3K (2004) *dalam* (Dianpurnama *et al.*, 2013)

Penentuan sel sedimen disamping melalui interpretasi citra juga harus dilengkapi dengan penelitian lapangan. Pemahaman tentang sel sedimen harus dibangun dari beberapa faktor yang berperan dalam penentu kondisi pantai. Faktor yang harus diketahui adalah kecepatan angin, suhu udara, suhu air laut, dan melalui ketiga faktor tersebut dapat ditentukan energi gelombang. Faktor lain yang diperlukan adalah periode gelombang. Perpaduan dari berbagai faktor tersebut dapat diperoleh sifat gelombang. Faktor sudut lereng gisik dan sudut datang gelombang pecah diperlukan untuk mengetahui tenaga gelombang pecah sepanjang pantai, serta kecepatan gelombang pecah sehingga dapat diketahui tipe gelombang pecah. Transport sedimen per satuan waktu dapat diperoleh melalui

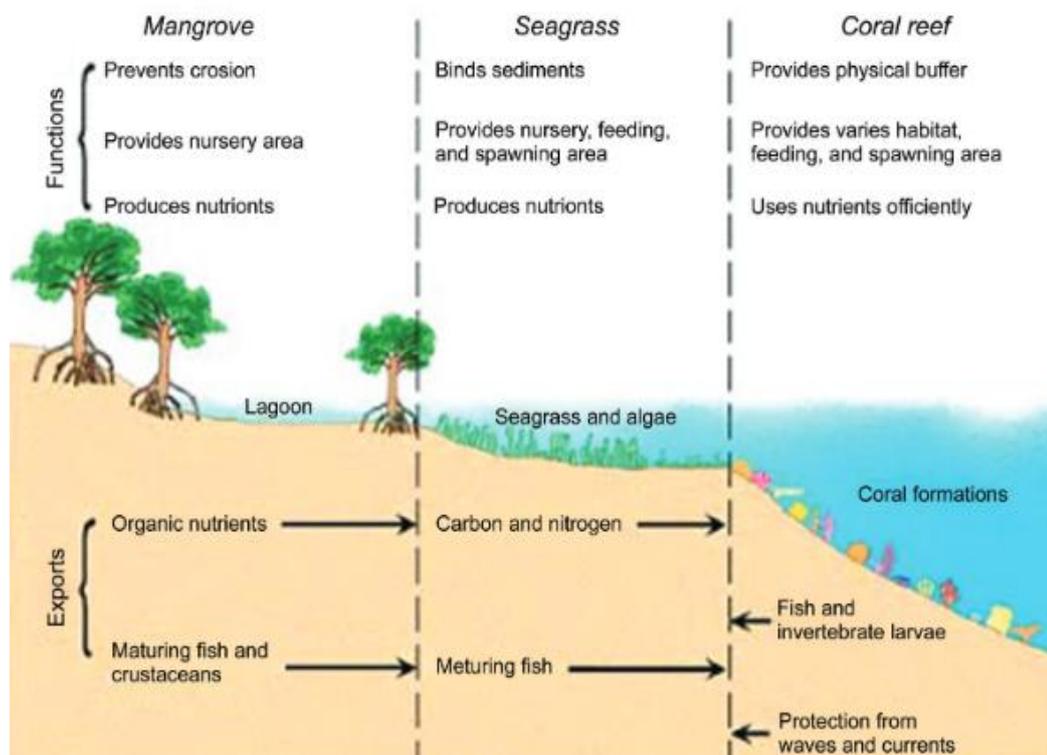
integrasi kecepatan gelombang dan tenaga gelombang. Kedalaman gelombang pecah diperoleh melalui tinggi gelombang pecah, dan kedalaman gelombang pecah merupakan batas sirkulasi sedimen dalam satu sel sedimen ke arah laut, sedangkan penyebaran gerak sedimen sepanjang pantai dipengaruhi oleh sudut lereng gisik, arah datang gelombang pecah, dan sifat gelombangnya. Berdasarkan sifat gelombang, kedalaman gelombang pecah, tipe gelombang pecah dan sudut lereng gisik dapat diketahui kondisi pantai. Keseragaman kondisi pantai dapat diketahui melalui sifat fisik dan sudut arah gelombang pecah yang dapat digunakan untuk mengetahui dinamika sedimen sepanjang pantai; sehingga dapat diperoleh satu satuan zonasi dinamika sedimen dan zonasi pengendapannya. Berdasarkan pada keseragaman kondisi pantai pada satu satuan panjang tertentu dapat dipahami kondisi satu sel sedimen (Khakhim, 2003).

Teluk Semarang berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khakhim, (2003) menyatakan bahwa antara muara Sungai Comal Pemalang sampai muara Sungai Bodri Kendal adalah satu sel sedimen (yang didalamnya terdapat beberapa sub sel sedimen), antara muara Sungai Bodri Kendal sampai Banjir Kanal Timur Semarang, antara Banjir kanal Timur Semarang sampai Muara Sungai Wulan Demak, antara Muara Sungai Wulan Demak sampai Teluk Awur Jepara, antara Tanjung Bugel Pati sampai Pantai Lasem Rembang, semuanya adalah merupakan satu sel sedimen.

2.3 Layanan Ekosistem (*Ecosystem Services*)

Layanan ekosistem merupakan kontribusi berbagai struktur dan fungsi ekologis yang saling terkait, berfungsi sebagai sumber daya alam yang menjadi dasar untuk menopang kehidupan. Layanan ekosistem yang terdapat pada kawasan pesisir antara lain ekosistem estuaria, mangrove, terumbu karang, padang lamun dan pulau-pulau kecil. Pemetaan potensi layanan ekosistem berperan dalam menentukan daya dukung lingkungan, dimana pemetaan potensi layanan ekosistem ini menitikberatkan pada sumber daya alam dan lingkungan yang berbentuk barang (*goods*) dan pelayanan/layanan (*services*). Layanan ekosistem

pada kawasan teluk memiliki peranan yang sangat penting sesuai dengan karakteristik teluk itu sendiri. *Ecosystem services* memiliki 4 fungsi pokok bagi kehidupan manusia yaitu sebagai layanan-layanan pendukung kehidupan, layanan-layanan kenyamanan, penyedia sumberdaya alam, dan penerima limbah (Bengen, 2000). Pemanfaatan ekosistem harus dilakukan secara hati-hati, karena kerusakan yang terjadi pada salah satu ekosistem dapat mengganggu keseimbangan pada ekosistem lainnya, hal ini disebabkan karena pada dasarnya tidak ada satupun ekosistem yang berdiri sendiri tanpa keterkaitan dengan ekosistem lainnya.



Gambar 1. Hubungan antara ekosistem mangrove, lamun dan terumbu karang. sumber: (Sjafrie, 2016)

Pendekatan layanan/layanan ekosistem (*Ecosystem service*) merupakan pendekatan yang dibangun atas dasar pemikiran bahwa seluruh ekosistem di dunia adalah terkait dan tidak satu ekosistem pendapat berfungsi sebagai satu sistem yang seluruhnya tertutup. Hubungan antar ekosistem di wilayah pesisir dideskripsikan oleh Sjafrie (2016) pada **Gambar 1**. Gambar tersebut menunjukkan ekosistem mangrove dan menjadi pelindung pantai dari arus dan gelombang,

sebagai daerah asuhan dan memproduksi *nutrient*. Ekosistem lamun (*Seagrass*) mampu mengikat sedimen, sebagai daerah asuhan, mencari makan, dan memproduksi *nutrient*. Ekosistem terumbu karang sebagai *Physical buffer*, sebagai daerah mencari makan dan sebagai daerah pemijahan serta sebagai pengguna *nutrient*.

Penilaian Daya dukung dan daya tampung (DDDT) ekosistem, (MEA, 2005) mendefinisikan empat kategori dasar layanan ekosistem, yaitu :

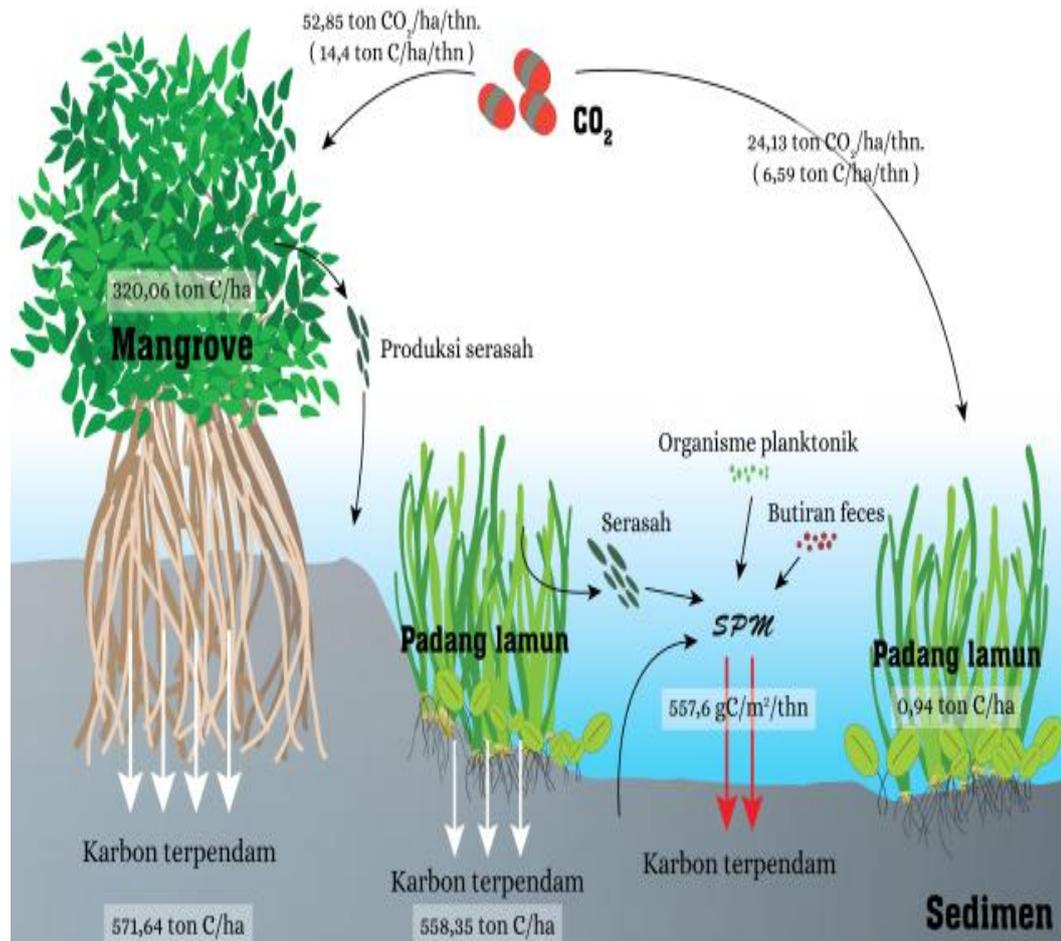
- a. Layanan penyediaan (*provisioning*); menyediakan pangan, air bersih, serat kayu, dan bahan bakar.
- b. Layanan pengaturan (*regulating*); mengatur tingkat iklim, tata air dan banjir, penyakit, dan pemurnian air.
- c. Layanan budaya (*cultural*); menyediakan potensi estetika, ekoturisme, dan ruanghidup
- d. Layanan pendukung (*supporting*); mendukung daur ulang unsur hara, pembentukantanah dan produksi primer.

Pengukuran dan pemetaan layanan ekosistem secara nasional merupakan tantangan yang harus diselesaikan. Layanan ekosistem yang terukur akan menentukan ketepatan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan sumber dayasecara luas. Dalam pelaksanaannya pengukuran layanan ekosistem terkendalametode yang tidak konsisten (Crossman, *et al.*, 2013), sehingga potensi layanan ekosistem suatu sumber daya terhitung secara tepat sangat sulit dibuktikan serta diakui. Akibatnya ketika terjadi kerusakan yang disebabkan oleh manusia baik secara korporasi maupun individu, pemerintah tidak bisa menuntut kerugian yang disebabkan oleh aktivitas merusak tersebut berdasarkan nilainya baik secara market value maupun non market value. Penentuan nilai penting ekosistem selain dapat dilakukan dengan pendekatan ekologi juga melalui valuasi ekonomi dari setiap fungsi komponen biotik dan abiotik pada ekosistem tersebut (Keppel, *et al.*, 2015).

2.4 Layanan Ekosistem Mangrove Sebagai Karbon Biru Pesisir di Teluk Semarang

Hutan mangrove memiliki nilai ekologis, ekonomis dan sosial yang tinggi, hutan mangrove juga merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan yang penting di wilayah pesisir dan lautan (Saprudin dan Halidah, 2012). Ekosistem mangrove merupakan suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut (terutama di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai) yang tergenang waktu air laut pasang dan bebas dari genangan pada saat air laut surut, yang komunitas tumbuhannya toleran terhadap garam (Khaery, *et al.*, 2016).

Ekosistem pantai seperti mangrove dan padang lamun memberikan banyak layanan yang penting untuk penyesuaian perubahan iklim. Sebagai contoh perlindungan dari badai dan kenaikan permukaan air laut, pencegahan erosi garis pantai, penyesuaian kualitas air pantai, penyediaan habitat bagi perikanan yang penting secara komersial dan spesies laut yang terancam punah, serta ketahanan pangan bagi banyak masyarakat pesisir (Sondak, 2015). Ekosistem mangrove merupakan bagian penting dalam siklus karbon dalam perairan. Salah satu layanan ekosistem mangrove dalam hubungan memerangi perubahan iklim global adalah menyerap dan menyimpan sejumlah besar karbon biru (*blue carbon*) yang berasal dari atmosfer dan samudra. Peran mangrove dalam kaitannya tersebut ditekankan sebagai upaya mangrove memanfaatkan CO₂ untuk proses fotosintesis dan menyimpannya dalam stok Biomass dan sedimen sebagai upaya mitigasi perubahan iklim (Ati, *et al.*, 2014). Penyerapan karbon dioksida berhubungan erat dengan biomassa pohon. Pada proses fotosintesis, pohon menyerap CO₂ dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuh pohon. Beberapa tahun ini potensi penyimpanan karbon di ekosistem mangrove mulai mendapat perhatian sebagai salah satu layanan ekosistem yang berperan dalam mitigasi perubahan iklim (Alongi, 2014; Murdiyarso, *et al.*, 2015).



Gambar 2. Alur penyerapan karbon oleh ekosistem mangrove dan lamun. Sumber: (Wahyudi, *et al.*, 2018)

Alur penyerapan karbon pada ekosistem mangrove dan lamun (**Gambar 2**) menunjukkan bahwa ekosistem mangrove dan lamun memiliki kemampuan menyerap karbon dari udara yang kemudian disimpan/diendapkan pada bagian daun, batang, akar sampai ke dalam sedimen. Kemampuan mangrove dan lamun menyerap karbon berbeda hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kelompok penelitian karbon biru-KKP (2016) Nilai simpanan karbon pada ekosistem mangrove berbeda-beda tergantung kerapatan mangrove, jenis mangrove, jenis sedimen dsb. Nilai simpanan karbon pada daerah penelitian di Karimunjawa sebesar 135,2 MgC/ha di mangrove. Berdasarkan pengolahan citra satelit luas areal mangrove sekitar 420,05 ha maka diperoleh stok karbon sebesar 56.792,39 Mg karbon atau sekitar 0,21Tg CO₂ eq. Nilai simpanan karbon selain

didapat dari pengukuran langsung juga bisa digunakan nilai simpanan karbon global pada Pulau Jawa (Donato *et al.*, 2011) serta berdasarkan *output processor* pada perangkat lunak pemodelan *INVEST* (Nelson, *et al.*, 2018; Tallis *et al.*, 2011; Donato, *et al.*, 2011). Untuk tipe penggunaan lahan lainnya ditampilkan pada **Tabel 1** berikut:

Tabel 1. Nilai simpanan karbon pada biomass vegetasi dan Karbon di tanah pada tiap tipe penggunaan lahan modifikasi dari: (Nelson, *et al.*, 2018; Tallis, *et al.*, 2011; Donato, *et al.*, 2011).

No	Tipe penggunaan lahan	Biomass vegetasi (tC/ha)	Karbon di tanah (tC/ha)
1.	Pemukiman	0	0
2.	Sawah	0	0
3.	Laut	0	0
4.	Industri	0	0
5.	Mangrove	84,9	2610,3
6.	Tambak	0	0
7.	Hutan	0	0
8.	Lahan Terbuka	0	0
9.	Semak	0	0
10.	Kebun	0	0

Indonesia memiliki luasan mangrove berdasarkan citra satelit terbesar di dunia sebesar 3.112.989 ha atau 31.129,89 km² yang merupakan 22,6% dari luas total mangrove di dunia (Giri, *et al.*, 2015). Laju degradasi mangrove setengah abad ini mencapai 30-50% dimana hilangnya ekosistem mangrove dikarenakan adanya alih fungsi lahan besar-besaran untuk areal pertambakan, pembangunan kota pesisir ataupun penebangan (Donato, *et al.*, 2011).

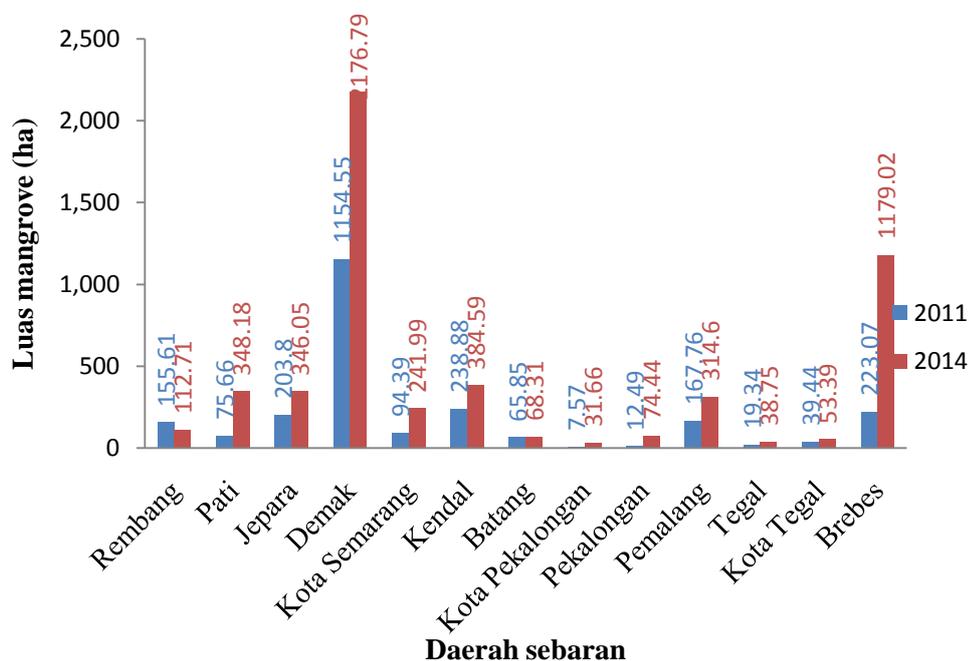
Mangrove di Indonesia memiliki potensi besar dalam penyerapan CO₂ dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Hal ini dapat dilihat dari luasan mangrove di Indonesia yang mencapai 22,4% dari luasan mangrove dunia atau sekitar 3,22 juta hektar. Luasan ini jauh lebih tinggi dibandingkan Brazil dan Australia yang masing-masing mempunyai proporsi ±7% dari mangrove global. Sebaran tertinggi luasan mangrove di Indonesia ditemukan di Kepulauan Papua (Provinsi Papua Barat dan Papua), hampir setengah dari luasan mangrove nasional. (Wahyudi, *et al.*, 2018).

Mangrove menyimpan karbon dalam bentuk biomassa, baik pada bagian atas (*Carbon Above Ground/CAG*) dan bagian bawah (*Carbon Below Ground/CBG*). Sementara itu, guguran material organik seperti serasah dan batang mangrove yang telah mati pada substrat memberikan sumbangan karbon organik dalam tanah. Sistem perakaran mangrove yang rapat memungkinkan karbon tersebut terperangkap dalam lingkungan mangrove dan meminimalisasi ekspor nutrient keluar kawasan. Hasil analisis data LIPI di sepuluh lokasi penelitian yang ditambah dengan data sekunder memberikan gambaran tentang potensi serapan karbon di Indonesia yang cukup tinggi yang diperoleh dari nilai *Net Primary Productivity (NPP)*. Hasil analisis menunjukkan bahwa hutan mangrove di Indonesia rata-rata mampu menyerap 52,85 tCO₂/ha/tahun yang lebih tinggi dua kali lipat dibandingkan estimasi global (26,42 tCO₂/ha/tahun).

Secara keseluruhan, hutan mangrove Indonesia memiliki potensi penyerapan karbon sebesar 170,18 MtCO₂/tahun. Pulau Kalimantan memiliki potensi serapan mangrove terbesar, yaitu 94,32 tCO₂/ha/tahun diikuti oleh Papua (57,99 tCO₂/ha/tahun) dan Sulawesi (53,95 tCO₂/ha/tahun). Sementara itu, mangrove di Pulau Sumatera dan Jawa yang telah banyak terdegradasi menunjukkan potensi serapan karbon yang paling rendah, yaitu berturut-turut 37,07 dan 39,27 tCO₂/ha/tahun. Secara global, estimasi simpanan karbon pada ekosistem mangrove di dunia rata-rata sekitar 1.023 tC/ha. Hasil analisis data Primer LIPI & KKP serta data sekunder yang berasal dari publikasi jurnal ilmiah menghasilkan rata-rata simpanan karbon sebesar 891,70 t/ha dengan potensi cadangan karbon total mangrove nasional sebesar 2,89 Tt C. Ukuran diameter pohon yang besar, berimplikasi pada tingginya simpanan karbon mangrove di Papua, rata-rata 1.073 ton/ha atau total sebesar 1,72 Tt C (lebih dari setengah cadangan karbon mangrove nasional) (Wahyudi, *et al.*, 2018).

Teluk Semarang memiliki beberapa wilayah ekosistem mangrove yang tersebar di wilayah Kabupaten Kendal, Kota Semarang dan Kabupaten Demak. Ekosistem mangrove pada Kabupaten Kendal antara lain terdapat di Desa Mororejo yang belum dimanfaatkan secara optimal (Fahrian *et al.*, 2015) dan Desa Kartika Jaya. Desa Kartika Jaya merupakan desa yang berada di sebelah

utara ibukota Kabupaten Kendal, dengan jarak tempuh ke ibukota Kabupaten + 9 km sedangkan jarak tempuh ke ibukota Kecamatan + 8 km. Luas wilayah Desa Kartika Jaya adalah + 359 ha. Menurut Profil Desa Kartika Jaya (2014) batas wilayah administratif Desa Kartika Jaya adalah sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa dan Desa Wonosari, sebelah timur berbatasan dengan Desa Wonosari, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Wonosari, dan sebelah barat berbatasan dengan Desa Bangunsari (Fadhila *et al.*, 2015). Ekosistem mangrove di Kota Semarang terdapat pada daerah Tapak yang terletak di bagian Barat Laut Kota Semarang. Berdasarkan letak astronomis Tapak Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu berada pada garis 110°17'15" BT - 110°22'4" BT dan 6°56'13" LS - 6°59'14" LS. (Martuti, 2013). Ekosistem mangrove di Kabupaten Demak antara lain dapat ditemukan di Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak (Zaky *et al.*, 2012).



Gambar 3. Distribusi sebaran ekosistem mangrove di Pantura Jawa Tengah Tahun 2011 dan 2014 (ha) sumber: Modifikasi Fadhilah (2015)

Gambar 3 menunjukkan jumlah sebaran ekosistem mangrove pada tiap kota dan kabupaten berdasarkan penelitian pada Tahun 2011 yang dilakukan oleh Dinas Kelautan dan Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah, dari pengukuran tersebut diperoleh luasan sebesar 238,88 ha untuk Kabupaten

Kendal, 94,39 ha untuk Kota Semarang dan 1.154,55 ha untuk Kabupaten Demak. Pada tahun 2014 kembali dilakukan perhitungan luasan ekosistem mangrove pada daerah-daerah tersebut yang menghasilkan luasan sebagai berikut: Kabupaten Kendal seluas 384,59 ha, Kota Semarang 241,99 ha dan Kabupaten Demak seluas 2.176.79 ha (Fadhilah, 2015).

Ekosistem mangrove di Semarang meliputi Kecamatan Tugu seluas 7,74 ha, dan Kecamatan Semarang Barat seluas 2,22 ha. Kondisi mangrove di Desa Tapak, Kelurahan Tugurejo Kota Semarang saat ini tergolong cukup baik jika dibandingkan dengan daerah lain di sekitarnya. Hal ini karena di Wilayah Tapak sering dilakukan kegiatan penanaman mangrove baik yang dilakukan oleh masyarakat setempat maupun dari lembaga-lembaga pemerintah, swasta, LSM, pelajar, dan mahasiswa. Secara umum luas ekosistem mangrove mengalami penurunan, dari tahun 2002 seluas 52,4 ha menjadi seluas 28,74 ha pada tahun 2007, kemudian pada tahun 2009 luasan semakin menyempit menjadi 9,96 ha (Martuti, 2013).

2.5 Nilai Valuasi Ekonomi Layanan Ekosistem Karbon Biru Pesisir Pada Ekosistem Mangrove

Perhitungan nilai layanan ekosistem mangrove di Indonesia sudah banyak dilakukan melalui pendekatan manfaat secara langsung dan tidak langsung, antara lain dilakukan oleh (Suzana, *et al.*, 2011), (Saprudin dan Halidah, 2012) serta (Keppel, *et al.*, 2015). Manfaat langsung meliputi nilai kayu sebagai bahan bangunan dan kayu bakar, nilai perikanan ekonomis (ikan, udang, kepiting), nilai daun dan buah mangrove/nipah. Adapun manfaat tidak langsung meliputi fungsi mangrove sebagai penahan abrasi yang dikalkulasi berdasarkan biaya penggantian (*replacement cost*) bangunan pemecah ombak (*breakwater*) serta manfaat pilihan yang menghitung manfaat keanekaragaman hayati ekosistem mangrove (Suzana, *et al.*, 2011). Menurut (Suzana, *et al.*, 2011), jika hutan mangrove dipertahankan maka keuntungannya akan 39,8 kali lebih besar dibandingkan mengeksploitasi sumberdaya alam hutan mangrove.

Konsep pembayaran untuk "*Blue carbon*" yang ditangkap oleh ekosistem mangrove, lamun dan rawa asin, baru-baru ini menjadi fokus internasional untuk konservasi alam dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Sebagai salah satu layanan ekosistem dari mangrove, nilai penyimpanan karbon baik pada biomassa maupun substrat sebagai tempat tumbuh mulai diperhitungkan dalam skema pembayaran layanan ekosistem atau *Payment for Ecosystem Services (PES)* sebagai karbon kredit (Pendleton, *et al.*, 2012). Penilaian ekonomi pada simpanan karbon untuk perubahan iklim telah dilakukan di daerah Uni Eropa dan skala global (Gren, 2015). Valuasi ekonomi merupakan salah satu upaya dalam menjaga ekosistem tersebut (Ullman, *et al.*, 2013). Hasil penelitian (Jerath, *et al.*, 2016) mengestimasi nilai simpanan karbon total per unit area ekosistem mangrove di Everglades-Florida sebesar US\$ 13.859/ha - 23.728/ha, sedangkan di Indonesia estimasi nilai ekonomi terhadap simpanan karbon belum banyak dilakukan.

Perhitungan nilai simpanan karbon pada mangrove dilakukan dengan melakukan estimasi terhadap besaran biomassa, menggunakan persamaan matematis yang sudah banyak dikembangkan baik spesifik terhadap spesies maupun persamaan umum yang digunakan untuk semua spesies. Kapasitas penyimpanan karbon di ekosistem ini dihitung berdasarkan hasil analisis kandungan karbon pada batang mangrove dikalikan dengan biomassa. Nilai kandungan karbon pada masing-masing spesies yang ada berbeda beda dengan kisaran 42-45%. Pada spesies yang tidak diukur nilai karbonnya maka dihitung sebagai 50%. Estimasi nilai ekonomi simpanan karbon yang dipakai di dunia saat ini beragam, karena tergantung pada mekanisme pasar yang diterapkan.

Salah satu metodologi penilaian harga karbon yang termasuk perkiraan berdasarkan biaya sosial karbon (*SCC*), biaya pengurangan marjinal (*MAC*), dan harga pasar. Semua nilai dikonversi ke unit umum dolar Amerika Serikat (*USA*) pada tahun 2015 per ton karbon. Biaya sosial karbon, juga disebut sebagai biaya kerusakan marjinal, mencerminkan apa yang secara teoretis bersedia dibayar untuk menghindari kerusakan yang disebabkan oleh peningkatan emisi karbon (Nelson, *et al.*, 2007). Penilaian harga karbon kemudian berkembang selain metode biaya sosial karbon juga digunakan metode *Regional Greenhouse Gas*

Initiative (RGGI), yaitu sebuah program regulasi berbasis pasar di USA untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, untuk mewakili harga pasar karbon. Untuk memperkirakan nilai pasar karbon, digunakan harga kliring lelang rata-rata *RGGI* 2014 (\$ 4,72/tCO₂), kemudian mengkonversinya menjadi \$ 2015 (\$ 4,86/tCO₂), dan kemudian menghitung harga pasar C (\$ 18/tC) (Faktor konversi: 1tC = 3,67 tCO₂) (Jerath, *et al.*, 2016). Penilaian harga karbon yang terakhir adalah *International Voluntary Market Price (IVMP)*/harga pasar sukarela internasional tahun 2014 sebesar \$ 3,80/tCO₂ (Hamrick and Goldstein, 2016) dan mengkonversinya menjadi harga tahun 2015 sebesar \$ 14,36/tC. Tahun 2014 didominasi oleh pasar *Reduction Emission Deforestation Degradation (REDD+)*, yang menjual *carbon offset* (ganti rugi) berdasarkan pencegahan deforestasi. Harga pasar umumnya lebih rendah nilainya karena konsumen yang berpartisipasi dalam pasar karbon saat ini tidak dalam posisi bersedia membayar harga penuh terhadap manfaat dari karbon penyimpanan atau sekuestrasi.

Perkiraan untuk biaya sosial karbon dan biaya pengurangan marjinal diturunkan menggunakan model ekonomi kuantitatif yang menggabungkan pengetahuan ilmiah tentang perubahan iklim dengan aspek sosio-ekonomi pertumbuhan ekonomi di bawah skenario perubahan iklim yang mungkin. Kehadiran ketidakpastian parameter kunci dalam model perubahan iklim dan jenis model yang digunakan untuk memperkirakan harga karbon berkontribusi signifikan terhadap ketidakpastian *output* model. Namun demikian, biaya pengurangan rata-rata mangrove karbon yang dihitung dalam penelitian kami (\$ 56/tC) didasarkan pada perkiraan biaya proyek fungsional yang ada terhadap Rencana Restorasi Everglades Komprehensif/*Comprehensive Everglades Restoration Plan (CERP)* dan bukan pada proyek-proyek masa depan. Selain itu, harga berbasis biaya pengurangan marjinal di atas diperkirakan menggunakan biaya terkait CERP lebih konservatif daripada harga berbasis biaya sosial karbon (Jerath, *et al.*, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Terry L. Kepel pada tahun 2015 mengenai mangrove di Kema Provinsi Sulawesi Utara menggunakan dua harga karbon, yaitu harga yang berlaku di pasar sukarela (*voluntary market*) dan pasar wajib (*regulated market*) *Clean Development Mechanism (CDM)* masing-

masing sebesar Rp 81.000/tCO₂e dan Rp 211.680/tCO₂e. Harga yang digunakan ini diambil dari data global market tahun 2010 (Ullman *et al.*, 2013). Harga konversi US\$ 1 yang digunakan adalah sebesar Rp 13.500 (Keppel *et al.*, 2015).

Pada penelitian ini harga karbon yang digunakan adalah berdasarkan *Social costs of carbon (SCC)*, *Regional greenhouse gas initiative (RGGI)* dan *International voluntary market price (IVMP)*. Ditampilkan pada **Tabel 2** berikut:

Tabel 2. Valuasi nilai layanan karbon biru pesisir. Modifikasi dari Jerath, *et al.*, (2016), Nelson, *et al.*, (2018), Tallis, *et al.*, (2011) dan Donato, *et al.*, (2011).

No	Tipe penggunaan lahan	Luas	Biomass vegetasi (tC/ha)	Karbon di tanah (tC/ha)	Harga karbon (US\$)		
					SCC 56,04 /5/ha	RGGI 56041 /ha	IVMP 4819/ ha
1.	Pemukiman	.....	0	0	.....	.....	.....
2.	Sawah	.....	0	0	.....	.....	.....
3.	Laut	.....	0	0	.....	.....	.....
4.	Industri	.....	0	0	.....	.....	.....
5.	Mangrove	.....	84.9	2610.3	.....	.....	.....
6.	Tambak	.....	0	0	.....	.....	.....
7.	Hutan	.....	0	0	.....	.....	.....
8.	Lahan Terbuka	.....	0	0	.....	.....	.....
9.	Semak	.....	0	0	.....	.....	.....
10.	Kebun	.....	0	0	.....	.....	.....

Keterangan:

SCC : *Social cost of carbon*

RGGI : *Regional greenhouse gas initiative*

IVMP : *International voluntary market price*

2.6 Pemodelan Layanan Karbon Biru Pesisir Menggunakan Pemodelan Spasial

Untuk mengetahui kondisi layanan ekosistem kedepan akibat pengembangan wilayah pesisir. Pemodelan spasial adalah salah satu pemodelan yang dapat dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan pemodelan *Integrated Valuation of Ecosystem Services And Tradeoffs (INVEST)*. Guerry, *et al.*, (2012) dan mengungkapkan bahwa pemodelan ini merupakan perangkat lunak yang fleksibel dan didasarkan secara ilmiah serta memiliki keunggulan:

- a. Berfokus pada layanan ekosistem yang berasal dari proses biofisik

- b. Explicit secara spasial
- c. Memberikan dua output berupa nilai biofisik dan nilai market atau non-market
- d. Didasarkan pada perencanaan
- e. Menunjukkan hubungan dengan jelas antara layanan ekosistem yang beragam
- f. Memiliki modular, pendekatan berjenjang untuk mengakomodasi berbagai ketersediaan data dan tingkatan sistem pengetahuan

INVEST digunakan dalam proses pengambilan keputusan yang diawali dengan identifikasi mengenai layanan ekosistem, berbagai rencana pengembangan yang akan dilakukan, pengumpulan data, kemudian menjalankan perangkat lunak tersebut untuk menghasilkan peta spasial dan temporal sesuai rencana yang diinginkan sehingga pemangku kepentingan dapat mengambil kebijakan berdasarkan informasi yang jelas dari modeling tersebut. Menurut Guerry, *et al.*, (2012) secara umum model *INVEST* digunakan untuk mengevaluasi pengaruh aktivitas manusia dan perubahan iklim, kepedulian dan kebutuhan manusia terhadap lingkungan hidup. Pendekatan *INVEST* untuk menggabungkan model terdiri dari tiga langkah yaitu: Biofisik merupakan model yang mencirikan fungsi produksi dari layanan ekosistem dimana layanan ekosistem memiliki variasi struktur dan fungsinya. Layanan ekosistem merupakan penggabungan informasi mengenai pasokan layanan sumberdaya dan kuantifikasi layanan tersebut. Penilaian merupakan nilai layanan ekosistem secara sosial dan/atau ekonomi

INVEST digunakan untuk mendukung perangkat lunak sistem informasi geografis, dan semakin banyak modul yang disajikan pada perangkat lunak yang tidak berpaten (*non proprietary*). *INVEST* memiliki desain berjenjang, dengan tingkatan yang lebih rendah mewakili model yang paling sederhana dengan persyaratan data yang minimal dan tingkat yang semakin tinggi maka semakin kompleks data yang dibutuhkan. Pengguna dapat menggabungkan dan mencocokkan Tingkat 0, 1, dan 2 untuk beberapa layanan ekosistem guna menciptakan rangkaian model terbaik untuk konteks tertentu. Garis besar struktur berjenjang pada model *INVEST* ditampilkan pada **Tabel 3**.

Pada **Tabel 3** ini pengguna mempunyai pilihan untuk melakukan pemodelan berdasarkan tingkatan yang dibutuhkan berdasarkan ketersediaan data dan luaran yang diinginkan.

Tabel 3. Garis besar struktur berjenjang dari model (*INVEST*) memiliki keunggulan dari masing-masing tingkatan Guerry, *et al.*, (2012)

Tingkat	Beberapa karakteristik	Persyaratan data	Berguna untuk	Tersedia pada <i>INVEST</i> ?
Tingkat 0	Model paling sederhana. Alat pemetaan; tidak ada fungsi produksi dan penilaian	Minimal. Dapat diterapkan di daerah kekurangan data, menggunakan data global dalam bentuk model (tetapi dapat diganti dengan data lokal)	Memetakan tingkat relatif dari layanan ekosistem yang memperhatikan kawasan dengan permintaan layanan ekosistem yang tinggi; pemetaan keberlanjutan dan kerentanan	Ya
Tingkat 1	Model yang sedikit lebih kompleks; umumnya menggunakan fungsi produksi; pilihan untuk penilaian	Relatif minim. Beberapa data dikemas dengan model. Panduan diberikan untuk mencari lokasi, mengumpulkan, dan/atau memperkirakan parameter yang diperlukan	Mengidentifikasi area produksi ekosistem yang tinggi dan rendah, kehilangan layanan ekosistem dan sinergi antar layanan saat ini dan kondisi masa depan	Ya
Tingkat 2	Model-model kompleks; fungsi produksi; pilihan untuk penilaian	Penting	Perkiraan lebih tepat untuk layanan dan nilai ekosistem; menilai perubahan pada skala temporal dengan baik; menilai perubahan kuantifikasi eksplisit biofisik yang kompleks atau proses sosioekonomi yang sangat penting untuk pengambilan keputusan	Tidak, tapi lihat detailnya di Kareiva, <i>et al.</i> , (2011)
Tingkat 3	Ada, model yang lebih rumit selain <i>INVEST</i> (mis: Atlantis, Fulton, Parslow, dkk. 2004; Fulton, Smith, et al., 2004), pilihan untuk penilaian	Sangat penting	Menghindari duplikasi upaya, ketika model yang ada sudah ada parameter untuk area yang diminati; berkomunikasi dengan komunitas menggunakan model asli	Tidak ada perencanaan; <i>INVEST</i> mengkomunikasikan mode yang ada

INVEST yang sebelumnya hanya berisi model daratan (*terrestrial*) dan air tawar, saat ini telah memiliki model untuk layanan ekosistem laut dan pesisir (*marine invest*), (Kareiva *et al.*, 2011; Tallis and Ricketts *et al.*, 2012) dalam Guerry *et al.*, (2012) Skenario alternatif untuk *INVEST* laut biasanya mencakup peta pemanfaatan pesisir dan lautan di masa depan, habitat pesisir dan laut, dan perkiraan kondisi iklim di masa depan. Kelengkapan perangkat *INVEST* untuk model laut saat ini sudah dirilis atau dalam tahap pengembangan diantaranya energi terbarukan Tingkat 1, produksi makanan dari perikanan (perikanan tangkap) Tingkat 0 dan 1 dan *aquaculture* (perikanan budidaya) Tingkat 1, perlindungan pantai Tingkat 0 dan 1, penyediaan pemandangan estetika Tingkat 0, rekreasi Tingkat 0 dan 1, dan penyimpanan karbon dan penyerapan karbon Tingkat 1.

Marine INVEST saat ini juga terdiri dari dua model layanan pendukung yang memperhitungkan hubungan ekologis antara proses yang menghasilkan perubahan dalam layanan ekosistem antara lain kualitas air Tingkat 0 dan 1 dan penilaian risiko habitat Tingkat 0. Komponen penting dari *INVEST* laut adalah kemampuannya untuk menghubungkan model layanan ekosistem untuk mewakili bagaimana perubahan dalam satu layanan ekosistem dapat memengaruhi luaran pada layanan ekosistem lainnya. Model-model ini mencerminkan pentingnya layanan ekosistem pendukung sebagai akhir layanan ekosistem yang diberikan dan berfungsi untuk menghubungkan berbagai model layanan akhir (Guerry *et al.*, 2012). Pada **Tabel 4** ini ditampilkan 9 (sembilan) kategori model yang disediakan oleh *INVEST*, pengguna memiliki pilihan untuk melakukan pemodelan sesuai kategori yang disediakan.

Tabel 4. Sembilan kategori model dalam Penilaian Layanan Ekosistem (*INVEST*) dan contoh yang digunakan untuk menghitung penyediaan layanan ekosistem, pengiriman layanan, dan nilai layanan (Tallis and Ricketts, 2012) dalam Guerry *et al.*, (2012).

No	Kategori model	Menyediakan	Layanan	Nilai
1.	Energi terbarukan	Kerapatan daya, energi potensial	Kekuatan yang ditangkap	NPV gelombang atau energi angin
2.	Makanan dari perikanan	Ikan dan biomassa kerang	Biomassa yang didaratkan	Pendapatan bersih, NPV

Tabel 4. Lanjutan

No	Kategori model	Menyediakan	Layanan	Nilai
3.	Makanan dari akuakultur	Biomassa ikan dan kerang	Panen biomassa	Pendapatan bersih, NPV
4.	Perlindungan pantai	Pelemahan gelombang, menghindari kerugian tanah, akumulasi sedimen, banjir	Menghindari kehilangan properti atau infrastruktur akibat banjir, jumlah orang yang terkena banjir	Menghindari kerusakan, biaya perawatan pantai
5.	Kualitas estetika	Pemandangan tidak terhalang	Pemandangan tak terhalang dari sudut pandang yang baik, jumlah orang yang menikmati	Perubahan nilai properti
6.	Rekreasi	Ikan paus, ikan berlimpah; pantai, kondisi terumbu karang	Jumlah penampakan, tingkat tangkapan, tingkat kunjungan, jumlah penumpang	Pendapatan bersih, surplus konsumen
7.	Karbon laut	Biomassa/ha C disimpan atau dilepaskan oleh habitat	Biomassa/ha C disimpan atau dilepaskan oleh habitat	Menghindari kerusakan lingkungan, harga pasar
8.	Kualitas air	Konsentrasi zat khusus, zat tetap/zat bergerak	Tidak diperlakukan sebagai layanan	Tidak secara langsung dihargai; nilai yang diambil dalam 'Layanan akhir' di atas
9.	Risiko habitat	Perkiraan risiko terhadap habitat yang ditimbulkan oleh stressor, kemampuan	Tidak diperlakukan sebagai layanan	Tidak secara langsung dinilai; penilaian layanan akhir

Pemetaan dan pemodelan perubahan simpanan karbon dan penyerapan untuk habitat pesisir dan laut merupakan tantangan tersendiri karena jenis input spasial dan informasi yang tersedia tentang siklus karbon bervariasi berdasarkan lokasi. Beberapa daerah memiliki data berkualitas tinggi yang tersedia untuk analisis rinci sementara lokasi lain tidak memiliki informasi yang diperlukan untuk memodelkan perubahan dalam posisi dan fungsi vegetasi pantai. Rawa air asin (*Salt Marsh*) perlu dipagami konteksnya sebagai daerah perubahan karena kenaikan permukaan laut, sehingga kombinasi alami (kenaikan permukaan laut) dan antropogenik (perubahan rawa air asin menjadi jalan) faktor tersebut harus dimasukkan dalam peta skenario kedepan dan pemodelan karbon jika memungkinkan.

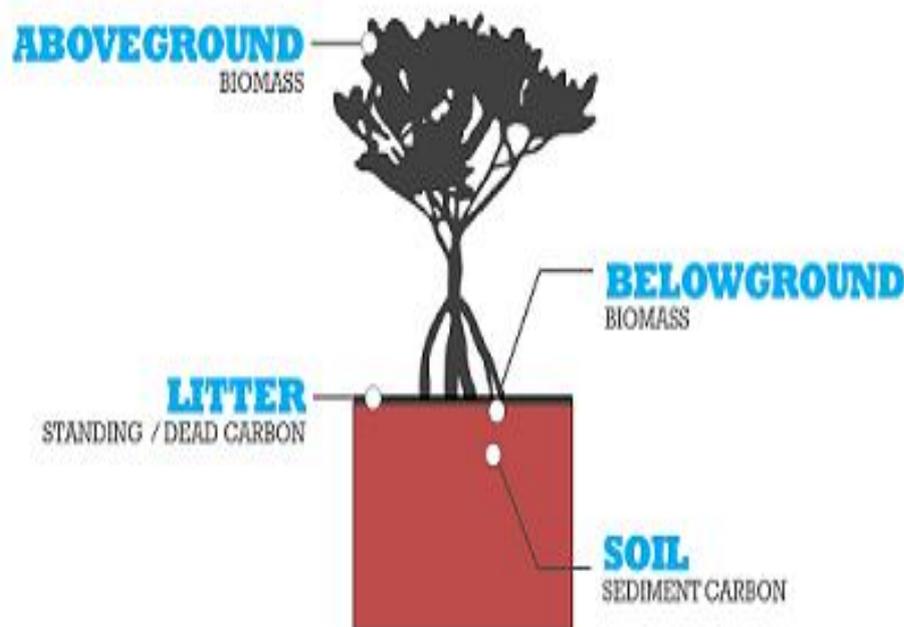
Ketika mengeksplorasi skenario tutupan lahan di masa depan, output peta tutupan lahan yang dihasilkan oleh model *SLAMM* (*Sea Level Affecting Marshes Model*/model kenaikan permukaan laut yang mempengaruhi rawa) yang dikembangkan oleh (Warren pinnacle consulting n.d.) dapat menjadi masukan yang berguna untuk *INVEST* Model Karbon Biru Pesisir. Kondisi yang terjadi dilapangan seringkali tidak semua wilayah pesisir memiliki informasi terkait elevasi dan habitat yang terperinci yang diperlukan untuk menjalankan *SLAMM*, Kondisi tersebut dapat diabaikan dengan model *INVEST* ini karena pemodelan ini menyediakan pendekatan fleksibel yang memungkinkan pengguna menyesuaikan ketersediaan data baik peta penggunaan lahan/tutupan lahan secara mendetail atau peta yang menunjukkan keberadaan vegetasi pantai dan laut yang dimiliki.

INVEST karbon biru pesisir memodelkan siklus karbon melalui pendekatan yang menyederhanakan siklus karbon dengan memperhitungkan penyimpanan karbon di tiga tempat penyimpanan utama biomassa, sedimen dan karbon pada mangrove mati yang berdiri/ serasah. Akumulasi karbon di habitat pesisir terjadi terutama dalam sedimen (Pendleton, *et al.*, 2012). Model ini mengharuskan ketersediaan peta ekosistem pesisir yang tersimpan karbon, seperti mangrove dan lamun. Data mengenai jumlah karbon yang tersimpan dalam biomassa, sedimen dan serasah serta laju akumulasi karbon tahunan dalam biomassa dan sedimen. Jika informasi lokal tidak tersedia, dapat memanfaatkan

basis data global nilai untuk stok karbon dan tingkat akumulasi yang berasal literatur peer-review yang termasuk dalam perangkat model *INVEST* ini namun jika data dari studi lapangan atau sumber lokal lainnya tersedia, nilai-nilai ini harus digunakan. Peta tutupan lahan, yang mewakili perubahan dalam pola penggunaan manusia di daerah pesisir atau perubahan ke permukaan laut, untuk memperkirakan jumlah karbon yang hilang atau diperoleh selama jangka waktu tertentu.

Gambar 4 menunjukkan *Carbon pool* sebagaimana yang diungkapkan oleh (Nelson, *et al.*, (2018) pada vegetasi mangrove terdapat pada 4 (empat) bagian yaitu

- Above ground* (bagian atas) yaitu pada bagian daun, ranting, cabang dan dahan vegetasi mangrove
- Belowground* (bagian bawah) yaitu pada bagian akar mangrove yang masuk ke dalam substrat
- Litter* (serasah) yaitu pada bagian karbon mati (daun, ranting, dahan) serta pohon yang mati namun masih berdiri (*standing dead carbon*)
- Soil* (Sedimen) yaitu karbon pada substrat/sedimen dimana mangrove hidup



Gambar 4. Tempat penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove, sumber: (Nelson, *et al.*, (2018)

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian di Teluk Semarang sudah banyak dilakukan, namun penelitian mengenai pemodelan spasial terhadap ekosistem mangrove sebagai penyedia layanan ekosistem karbon biru, belum ada yang melakukan. Penelitian yang sudah dilakukan antara lain mengenai produksi perikanan, kualitas air, hidrodinamika. Sebagian penelitian yang pernah dilakukan di Teluk Semarang ditampilkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Penelitian-penelitian terdahulu di Teluk Semarang

No	Judul Penelitian	Ringkasan
1.	Distribusi Ikan Demersal di Perairan Teluk Semarang (Suhariyono, 2003)	Ikan Demersal yang ditemukan sebanyak 6.561, terdiri dari 41 jenis pada semua lokasi dan kedalaman
2.	Komposisi dan Distribusi Plankton di Perairan Teluk Semarang (Adinugroho <i>et al.</i> , 2014)	Kelimpahan terbanyak ditemukan pada stasiun yang dekat dengan pantai/muara karena terdapat habitat estuari dan mangrove. Indeks diversitas, kesetabilan komunitas dan tekanan lingkungan berada pada tingkat rendah
3.	Pemetaan Pola Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Teluk Semarang Menggunakan Citra Satelit <i>Landsat 7</i> dan <i>Landsat 8</i> (Febrianto <i>et al.</i> , 2017)	Fluktuasi TSS meningkat pada tahun 2003 ke 2017. Status pencemaran berdasarkan TSS kategori sedang hingga berat. Peningkatan TSS terutama disebabkan dari Delta Wulan Kabupaten Demak
4.	Kajian Karakteristik Perairan Teluk Semarang untuk Mendukung Rencana Pembangunan Dam Lepas Pantai (Wibowo, 2018)	Kondisi hidro-oseanografi perairan laut di Semarang adalah kecepatan arus kurang 50 cm/dt dengan arah dominan ke barat dan barat daya, kedalaman kawasan kajian mencapai -17 m, tipe pasang surut campuran dominan ke harian ganda.
5.	Pemodelan Spasial Mangrove Sebagai Layanan Ekosistem Karbon Biru Pesisir (<i>Coastal Blue Carbon</i>) di Teluk Semarang (Sudirman, 2019)	Pemodelan spasial di Teluk Semarang terhadap layanan ekosistem karbon biru pesisir pada tahun 1990, 2000, 2009 dan 2018 serta memperkirakan layanan ekosistem karbon tersebut sampai pada tahun 2068. Perubahan nilai layanan ekosistem tersebut diakibatkan oleh perubahan ekosistem mangrove.