

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global dalam beberapa dekade terakhir menjadi isu menarik untuk dibahas seiring upaya masyarakat dunia menanggulangi masalah tersebut. Pangkal terjadinya pemanasan global diawali oleh emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang seolah membentuk lapisan di atmosfer. Sehingga panas matahari yang masuk ke dalam bumi tidak berhasil kembali ke atmosfer karena energinya tidak mampu melewati lapisan tersebut. Contoh dampak pemanasan global adalah peningkatan suhu bumi dan perubahan iklim yang mengakibatkan terganggunya beberapa sistem kehidupan.

Kontribusi antropogenik dalam menyumbang GRK merupakan yang terbesar sejajar dengan emisi dari bahan bakar fosil. Laporan IPCC (2014) mencatat sektor pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan menyumbang emisi sebesar 24%, sedangkan sektor industri dan transportasi berturut-turut menyumbang 21% dan 14% emisi global. Peningkatan GRK dari aktivitas antropogenik terbesar disumbang dari sektor penggunaan lahan, khususnya deforestasi dan alih fungsi lahan sebanyak 8-20% (van der Werf et al., 2009). Berbagai strategi pengurangan emisi dilakukan untuk menekan laju pemanasan global. Salah satu cara adalah dengan kebijakan REDD (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), yakni menawarkan insentif bagi negara berkembang untuk mengontrol emisi karbon dari lahan hutan.

Kebijakan REDD diusulkan oleh UNEP, Bank Dunia, GEF dan LSM Lingkungan sebagai strategi mitigasi perubahan iklim dengan mengintegrasikan pengelolaan hutan ke dalam skema penyerapan karbon (Beymer-Farris & Bassett, 2012). Menurut Munawar *et al.* (2015) insentif yang diberikan untuk nilai jumlah karbon dapat digunakan untuk penghidupan yang berkelanjutan masyarakat sekitar hutan. Namun demikian, keterbatasan pelaksanaan REDD adalah

minimnya data jumlah luasan hutan dan cadangan karbon yang terkandung (Alongi, 2011).

Upaya mitigasi lahan selama ini telah cukup baik diimplementasikan pada kawasan hutan terestrial. Namun, perhatian terhadap kerusakan pesisir belum menjadi prioritas utama. Padahal diketahui kawasan pesisir dengan vegetasi hutan mangrove memiliki potensi sebagai penyerap karbon cukup baik dibandingkan dengan tipe hutan tropis lainnya (Donato et al., 2011). Pendleton *et al.* (2012) juga merekomendasikan diperlukan kebijakan pengelolaan ekosistem pesisir secara signifikan untuk mengurangi emisi karbon karena selama ini masih kurang diperhatikan.

Ekosistem mangrove sangat penting dalam pengurangan emisi karbon yang diproduksi oleh sektor lain karena kemampuannya menyerap karbon. Eong (1993) memperkirakan tanaman mangrove dapat menyerap karbon dari atmosfer sebanyak 75-150 Tg C ha⁻¹y⁻¹. Namun demikian, sumbangan emisi karbon hutan mangrove juga cukup besar karena kerusakan ekosistemnya. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan hutan mangrove merupakan daerah dengan alih fungsi lahan dan deforestasi cukup cepat karena aktivitas budidaya perikanan dan pusat pembangunan (Primavera, 1997; Donato *et al.* 2011; Bournazel *et al.* 2015). Secara umum, perairan bakau melepaskan jumlah CO₂ ke atmosfer lebih dari 2,5 kali (-42,8 TgC_y⁻¹) yang dipancarkan dari seluruh perairan pesisir subtropis dan tropis lainnya (Alongi & Mukhopadhyay, 2015).

Di Kota Semarang, tantangan alih fungsi lahan mangrove cukup masif terjadi. Hal tersebut dikarenakan perilaku masyarakat dengan motif ekonomi membuka hutan mangrove menjadi kawasan pertambakan udang dan bandeng, kawasan industri, pergudangan dan permukiman. Selain itu, kepemilikan lahan di wilayah pesisir Kota Semarang juga sebagian besar telah dimiliki oleh pihak swasta (*private sector*) sehingga tantangan pengelolaan pesisir akan semakin berat ke depan.

Kebijakan pemerintah Kota Semarang dalam penataan ruang dan wilayah juga berimplikasi pada kondisi pesisir. Berdasarkan Perda Nomor 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Semarang, kebijakan

Pembagian Wilayah Kota (BWK) khususnya pada wilayah pesisir dimana orientasi pengembangan diarahkan pada usaha pertanian, pertambakan, kawasan industri, wisata bahari, lahan tambak, pelabuhan, kawasan industri, pemukiman dan fasilitasnya, wisata bahari dan konservasi, tempat pelelangan ikan (TPI), kawasan industri serta kawasan konservasi. Hal tersebut menunjukkan wilayah pesisir menjadi pusat pengembangan utama dan cukup padat aktivitas manusia. Meskipun demikian Pemerintah Kota Semarang juga merancang kawasan pantai berhutan bakau/mangrove sebagai kawasan lindung. Namun karena desakan pemanfaatan lahan pesisir dan lemahnya penegakan mengakibatkan kondisi vegetasi mangrove semakin menurun.

Beberapa wilayah pesisir Semarang yang masih memiliki hutan mangrove cukup baik dapat ditemukan di daerah Kecamatan Genuk, Kecamatan Semarang Barat, dan Kecamatan Tugu. Data Dinas Pertanian Kota Semarang (2015) mencatat luas areal hutan mangrove di Kota Semarang seluas 68,13 ha. Ragam jenis mangrove yang tumbuh di pesisir Semarang juga cukup bervariasi. Berdasarkan hasil penelitian Martuti (2012) tentang keanekaragaman mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo mencatat lima spesies mangrove yang berhasil dijumpai, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, *Excoecaria aghalloca*, *Brugueira cylindrical*, dan *Xylocarpus mocullensis*.

Teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi suatu objek dipermukaan bumi, salah satunya diaplikasikan dalam estimasi potensi karbon tersimpan pada hutan mangrove. Penginderaan jauh pada hutan mangrove didasarkan atas 2 sifat penting, yaitu mangrove tumbuh didaerah pesisir dan mempunyai zat hijau daun (klorofil) (Asriningrum & Parwati, 2015:60). Pemanfaatan citra satelit penginderaan jauh akan lebih memudahkan dalam penghitungan estimasi karbon, terlebih dengan cakupan area yang luas serta lebih efektif dari segi waktu dan biaya.

Berdasarkan paparan tersebut di atas maka diperlukan penghitungan kandungan karbon (*C-stock*) pada hutan mangrove di kawasan pesisir Semarang, karena hasil penghitungan karbon dapat digunakan sebagai instrumen (*tools*) melindungi kawasan mangrove. Mengingat strategi pengurangan emisi karbon

berbasis lahan melalui kebijakan REDD harus didukung dengan database kandungan karbon dan potensial karbon terkandung. Hasil perhitungan potensi biomassa dan cadangan karbon terkandung dapat menjadi bahan pertimbangan Pemerintah Kota Semarang dalam menyusun kebijakan pengelolaan wilayah pesisir.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan informasi pada latar belakang maka dapat di rumuskan beberapa rumusan permasalahan dalam penelitian ini.

1. Bagaimana potensi biomassa dan cadangan karbon terkandung atas permukaan (*above ground*) dan bawah permukaan (*below ground*) pada hutan mangrove di kawasan pesisir Kota Semarang?
2. Bagaimana dinamika perubahan alih fungsi lahan pesisir pada hutan mangrove di Kota Semarang?
3. Bagaimana dinamika perubahan emisi dan proyeksi cadangan karbon akibat aktivitas masyarakat dari alih fungsi lahan pesisir pada hutan mangrove di Kota Semarang?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menghitung potensi biomassa dan cadangan karbon terkandung atas permukaan (*above-ground*) serta potensi cadangan karbon terkandung bawah permukaan (*below-ground*) pada hutan mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang.
2. Menganalisis dinamika perubahan alih fungsi lahan pesisir terhadap perubahan emisi dan proyeksi cadangan karbon akibat aktivitas masyarakat dari alih fungsi lahan pesisir pada hutan mangrove di Kota Semarang.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi salah satu sebagai salah satu perangkat dalam perlindungan wilayah pesisir yang dikemas dalam lingkup akademik.
2. Database kandungan karbon di Kota Semarang sebagai potensi hutan mangrove sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan Pemerintah Daerah dalam penyusunan kebijakan pengelolaan wilayah pesisir.

1.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait dengan hubungan antropogenik terhadap cadangan karbon terkandung cenderung juga telah banyak dikembangkan, tetapi masih sedikit informasi yang berasal dari wilayah-wilayah di Indonesia. Tabel 1 berikut ini berikut ini menunjukkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebagai acuan atau referensi atas keaslian penelitian ini.

Tabel 1. Deskripsi Penelitian Terdahulu

No	Nama	Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1	Hamdan <i>et al.</i>	2013	<i>Mangrove Carbon Stock Assessment by Optical Satellite Imagery</i>	Untuk menilai kandungan karbon dan mengukur perubahannya akibat deforestasi, penebangan kayu dan degradasi hutan	Studi ini menunjukkan bahwa cadangan karbon Mangroves di Matang berkisar antara 1,03-2263,65 tC ha ⁻¹ dan 1,01-2259,68 tC ha ⁻¹ masing-masing pada tahun 1991 dan 2011. Total kandungan karbon di Mangrove Matang diperkirakan sekitar 3,04 juta ton pada tahun 1991 dan 2,15 juta ton pada tahun 2011. Studi ini menunjukkan bahwa penggunaan metode konvensional indeks vegetasi dari sistem citra optik masih relevan dan dapat dilakukan dalam studi vegetatif.
2	Adame MF <i>et al.</i>	2013	<i>Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean</i>	Menghitung cadangan karbon ekosistem lahan basah pesisir Cagar Biosfer Sian Ka'an di Semenanjung Yucatan, Meksiko	Mangrove yang berukuran tinggi memiliki kandungan karbon tertinggi (987±338 Mg ha ⁻¹) diikuti oleh mangrove ukuran sedang (623±41 Mg ha ⁻¹), mangrove kerdil (381±52 Mg ha ⁻¹) dan rawa (177±73 Mg ha ⁻¹). Kandungan karbon tertinggi diukur dalam tanah yang relatif rendah salinitas, tinggi P dan rendah N: P, menunjukkan bahwa P membatasi penyerapan dan potensi akumulasi karbon. Pada skala lanskap, lahan basah pesisir Sian Ka'an seluas <172.176 ha dapat menyimpan 43,2 hingga 58,0 juta Mg C.
3	Alemayehu F <i>et al.</i>	2014	<i>Assessment of Mangrove Covers Change and Biomass in Mida Creek, Kenya</i>	Menganalisis pola dan dinamika perubahan hutan bakau Mida Creek selama 41 tahun dari 1969-2010.	Penurunan tutupan Mangrove (16%) terjadi antara tahun 1969 dan 1989 dan antara tahun 1989 dan 2010. Sementara itu, peningkatan penutupan mangrove (1452,5 ha pada tahun 1989 menjadi 1655,7 ha pada tahun 2010). Tanda-tanda degradasi dalam hutan mangrove diamati

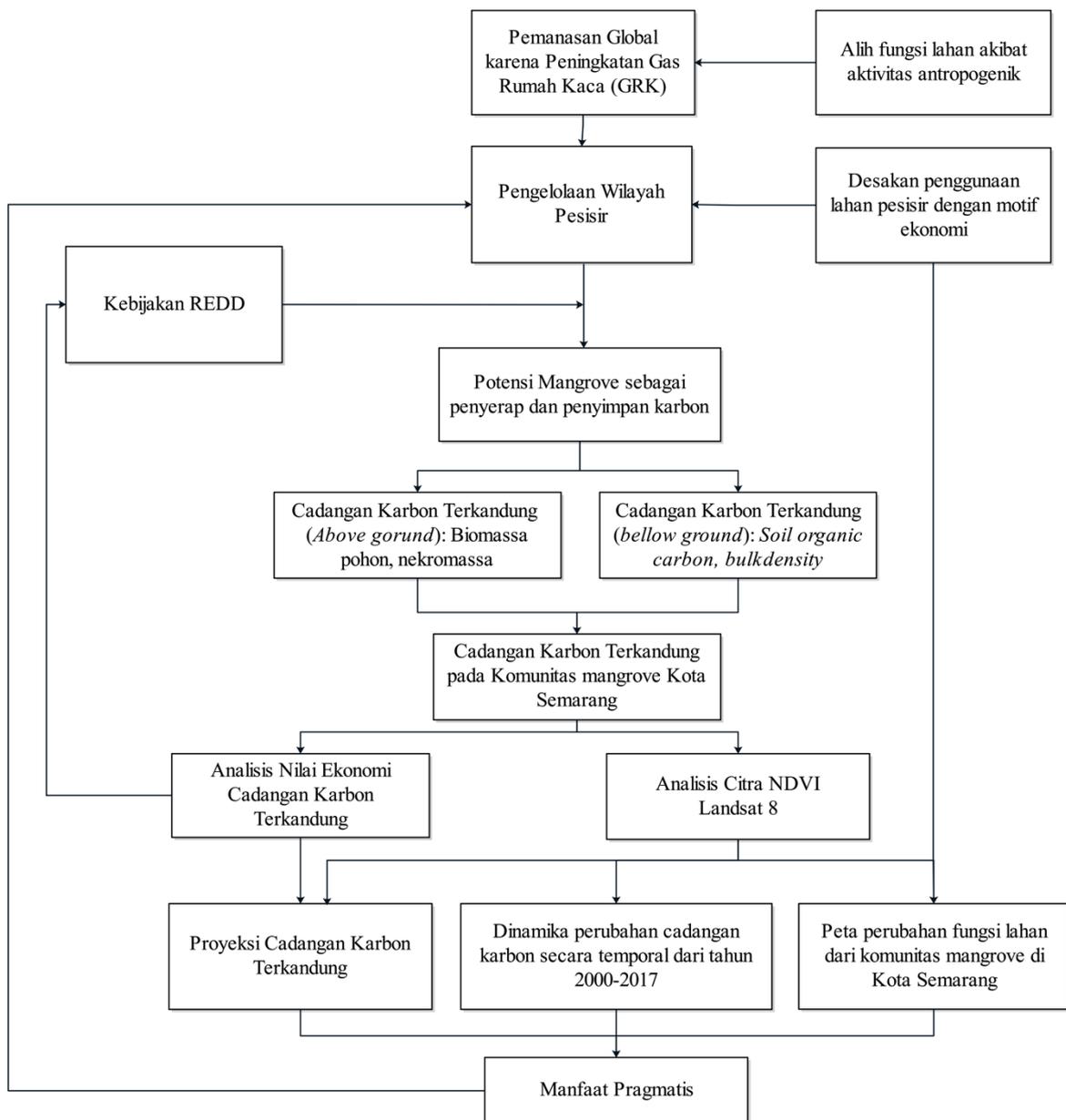
No	Nama	Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
4	Beaumont <i>et al.</i>	2014	<i>The value of carbon sequestration and storage in coastal habitats</i>	Untuk mengukur dan menilai jasa ekosistem karbon terkandung di habitat pesisir	pada tahun 2010 di mana lahan terdegradasi mencakup 8,8 ha. Total biomassa dan kandungan karbon di atas permukaan yang diperkirakan dari 25 plot berturut-turut 296,14 ton ha ⁻¹ dan 148,07 ton ha ⁻¹ . Jika habitat pesisir dipertahankan pada tingkat saat ini, kapasitas penyerapan mereka selama periode 2000-2060 bernilai £ 1 miliar (<i>Discount Rate</i> 3,5%). Namun, jika tren hilangnya habitat saat ini berlanjut, kapasitas habitat pesisir baik untuk menyerap dan menyimpan CO ₂ akan berkurang secara signifikan, dengan pengurangan nilai sekitar £ 0,25 miliar (2000-2060; <i>discount rate</i> 3,5%). Jika tren kerugian akibat kenaikan permukaan laut atau reklamasi lahan memburuk, kehilangan nilai ini akan lebih besar.
5	Jones TG <i>et al.</i>	2015	<i>The Dynamics, Ecological Variability and Estimated Carbon Stocks of Mangroves in Mahajamba Bay, Madagascar</i>	Menyajikan dinamika jangka panjang yang dihitung menggunakan peta hutan bakau USGS yang dikontekstualisasikan dengan penelitian sosio-ekonomi dan pengamatan di lapangan, dan hasil-	Analisis data USGS menunjukkan 1050 hektar (3,8%) hilang dari tahun 2000 hingga 2010, yang menurut kajian sosio-ekonomi karena didorong usaha ekstraksi kayu komersial. Kandungan karbon rata-rata keseluruhan di semua kelas mangrove diperkirakan menjadi 100,97 ± 10,49 Mg C ha ⁻¹ . Pohon mangrove dengan kanopi tertutup yang tinggi memiliki rata-rata estimasi cadangan karbon tertinggi (yaitu, 166,82 ± 15,28 Mg C ha ⁻¹).

No	Nama	Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
				hasil kontemporer	
6	Bournazel J <i>et al.</i>	2015	<i>The impacts of shrimp farming on land-use and carbon storage around Puttalam lagoon, Sri Lanka</i>	Untuk menilai dampak budidaya di Puttalam pada keseimbangan karbon berdasarkan lanskap dan untuk mewakili distribusi spasial dinamika karbon.	Perubahan penggunaan lahan yang terjadi mengakibatkan hilangnya karbon bersih sekitar 191.584 tC. Hal ini terutama disebabkan oleh konversi mangrove ke tambak udang, yang merupakan 75,5% dari total kehilangan karbon. Hasil ini menunjukkan skala degradasi lingkungan yang disebabkan oleh budidaya udang intensif di wilayah studi, dan menyoroiti kebutuhan akan model akuakultur yang sepenuhnya baru di Sri Lanka.
7	Kepel <i>et al.</i>	2017	Nilai Penting dan Estimasi Nilai Ekonomi Simpanan Karbon Vegetasi Mangrove di Kema, Sulawesi Utara	Untuk mendapatkan informasi tentang nilai penting simpanan karbon dan estimasi nilai ekonomi simpanan karbon vegetasi mangrove di Kema, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara.	Analisis INP menunjukkan <i>S. alba</i> dan <i>R. mucronata</i> memiliki peran yang penting dalam keberlangsungan ekosistem ini. Nilai rerata simpanan karbon di kawasan Kema sebesar $133,76 \pm 25,70$ MgCha ⁻¹ . Nilai rerata estimasi ekonomi simpanan karbon yang dihasilkan adalah sebesar Rp. 6.955.123.566 (pasar bebas) atau US\$ 519.310,56 dan Rp. 18.176.056.252 (CDM) atau US\$ 1.357.131,6 untuk simpanan rerata karbon sebesar 23.397 ± 4.495 MgC ($85.865,72 \pm 16.496,15$ MgCO ₂ e) pada luasan mangrove sebesar 174,92 ha.

Sumber: Adame *et al.*, (2013); Hamdan *et al.*, (2013); Alemayehu *et al.*, (2014); Beaumont *et al.*, (2014); Jones *et al.*, (2015); Bournazel *et al.*, (2015); Kepel *et al.*, (2017)

1.6 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian aktivitas antropogenik terhadap cadangan karbon terkandung pada hutan mangrove di Kota Semarang tersaji pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Kerangka pemikiran