JURNAL EBONI, VOL.3, NO. 1 JULI 2021
FAPERTAHUT, UNIVERSITAS MUSLIM MAROS
Online ISSN: 2715-6451
https://ejournals.umma.ac.id/index.php/eboni/index

PEMANFAATAN CITRA ALOS PALSAR UNTUK ESTIMASI KANDUNGAN SERAPAN KARBON DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN MAROS

Utilization of Alos Palsar Imagery for Estimating Carbon Sequestration Content in the Coastal Area of Maros Regency

Muh. Faisal M.([1]) Muliana Djafar ([1]) Andi Ayu Nurnawati ([2])
1) Dosen Fakultas Pertanian, Peternakan dan Kehutanan, Universitas Muslim Maros
2) Dosen Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang
Email: muhfaisalm@umma.ac.id
Email: mulianadjafar@umma.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the type of land use in 2009 using alos palsar image, then calculate carbon stocks and sequestration using the 2006 IPCC Software approach. The data sources of this research are primary data and secondary data. Primary data in the form of data obtained through the interpretation of Alos Palsar Imagery, while secondary data is data obtained from literature studies concerning the results of measurement data in the form of volume, diameter and tree height at the research location. The data will be calculated using IPCC GL 2006 software. The results showed that the land cover of the coastal area of Maros Regency based on Citra Alos was dominated by ponds and grasslands with an area of 59.05 ha of the total coastal area, while the forested area was only a small part, namely 1.16% mangrove forest and 0.94% agroforestry. Mangrove forest and agroforestry are the largest carbon storage areas in the coastal area with 96,223.52 and 33,608.81 tons, respectively. Based on IPCC mangrove forest and agroforestry have carbon sequestration of 22.39 and 9.6 tons/(ha/year, respectively). However, with carbon sequestration of only around 2.4 and 5.1 ton/(ha/year) rice fields and shrubs actually show that the total carbon absorption in coastal areas has 8,901.36 and 7,159.25 ton/year. With a very small area, mangrove forests and agroforestry are able to absorb carbon of 4,811.18 and 1680.44 tons/year.

Keywords: Image of Alos, Carbon Stock, Coastal, IPCC GL 2006

PENDAHULUAN

Ekosistem hutan mempunyai peranan sebagai penyimpan cadangan karbon sehingga perlu mendapat perhatian khusus, utamanya ekosistem di wilayah pesisir. Potensi penyimpanan cadangan karbon di wilayah pesisir adalah salah satu yang tertinggi dibandingkan ekosistem lain, karena kemampuan menyerap dan menyimpan karbon yang sangat tinggi (Komiyama, 2008). Tetapi pada kenyataannya stok karbon semakin berkurang karena semakin meningkatnya deforestrasi dan degradasi hutan yang diakibatkan oleh manusia yang tidak bertanggungjawab.

Terjadinya perubahan global yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, dimana banyaknya kawasan hutan yang dikorversi menjadi kawasan non-hutan. Jika ini terus berlangsung maka akan menyebabkan cadangan karbon teremisi ke atmosfir sehingga akan membahayakan kehidupan seluruh makhluk hidup. Akibat yang ditimbulkan dan salah satunya telah dirasakan seperti banyaknya daerah yang rawan longsor, terjadinya banjir, kekeringan dan lain-lain. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dilakukan berbagai upaya salah satunya dengan melakukan kegiatan penanaman, utamanya untuk

lahan-lahan gundul, agar peran hutan sebagai penyerap dan penyimpan cadangan karbon dalam bentuk biomassa vegetasi dalam terwujud.

Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, untuk itu telah dilakukan pula berbagai upaya konservasi dan rehabilitasi hutan dan lahan utamanya lahan gundul dan juga kawasan pesisir. Oleh karena itu perlu dilakukan inventarisasi cadangan karbon pada berbagai ekosistem hutan. Informasi persediaan karbon hutan secara spasial memegang peranan penting dalam memantau perubahan stok karbon baik karbon yang hilang akibat deforestasi dan degradasi hutan atau pun penambahan karbon akibat reforestasi melalui kegiatan lahan kritis.

Kabupaten Maros merupakan daerah yang berdekatan dengan ibukota provinsi Sulawesi Selatan, dimana aktivitas yang terjadi cukup tinggi sehingga akan berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi. Potensi sumberdaya alam yang terdapat di Kabupaten Maros cukup tinggi dan memiliki wilayah pesisir dengan garis pantai sepanjang ± 27 km. Salah satu diantaranya adalah potensi ekosistem pesisir sebagai penyerap karbon.

Masyarakat Kabupaten Maros telah banyak memanfaatkan wilayah pesisir dalam berbagai aktivitas untuk memenuhi kebutuhannya, sehingga berpotensi terjadinya alih fungsi lahan pada wilayah pesisir. Oleh karena itu, perlu dilakukan adaptasi dan mitigasi melalui upaya rehabilitasi terutama daerah kritis yang sebagian besar berada pada pesisir yang memiliki potensi yang cukup besar untuk dilakukan rehabilitasi yang dapat meningkatkan penyerapan karbon pada wilayah tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis penggunaan lahan tahun 2009 menggunakan citra alos palsar, kemudian menghitung cadangan dan serapan karbon dengan pendekatan Software IPCC 2006.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di daerah pesisir Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Waktu penelitian dilaksanakan selama dua bulan dari Bulan Juni sampai Bulan Juli 2021. Wilayah pesisir Kabupaten Maros dipilih sebagai lokasi penelitian karena daerah ini merupakan daerah yang berdekatan dengan Makassar, ibukota provinsi Sulawesi Selatan dan termasuk kawasan MAMMINASATA (Makassar, Maros, Sungguminasa dan Takalar) yang merupakan kawasan-kawasan yang merupakan pusat aktivitas manusia dan pengembangan industri ke depan yang akan diduga akan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi.

Pengumpulan Data

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop dengan spesifikasi core i5 Asus, Software IPCC 2006, Software ArcGIS 10.5. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Peta Administrasi Kabupaten Maros, Jenis Tanah, data Curah Hujan dan Data Pengukuran Volume Pohon. Penelitian ini berbasis pemetaan yang tergolong penelitian non-eksperimen dengan menggunakan metode kaji ulang. Data akan dianalisis menggunakan analisis spasial dengan teknik overlay (menumpang-tindihkan lembar-lembar peta) berdasarkan atribut-atribut yang ada, berupa peta administrasi dan hasil interpretasi citra tutupan wilayah pesisir Kabupaten Maros.

Sumber data pada kegiatan ini yaitu berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh melalui kegiatan interpretasi Citra Alos Palsar, Sedangkan data sekunder adalah data yang menyangkut hasil data pengukuran berupa volume, diameter dan tinggi pohon pada

lokasi penelitian ini diperoleh dari Studi literatur. data-data lain yang terkait langsung dan tidak langsung dengan penelitian, meliputi Citra Alos Palsar tahun 2009, peta Administrasi Pesisir Kabupaten Maros.

Analisis Data

Pemetaan penggunaan lahan pada pesisir Maros

Melalui interpretasi citra pesisir Maros akan diperoleh peta tutupan lahan wilayah pesisir Maros. Citra yang digunakan adalah citra Alos tahun 2009. Metode interpretasi citra yang digunakan adalah metode manual dengan tahapan sebagai berikut:

- Mendelineasi area citra alos untuk mengetahui tutupan lahan yang ada pada citra berdasarkan pola dan karakteristik (rona warna, tekstur) yang homogen dengan menggunakan metode GIS.
- Mengklasifikasikan tipe tutupan lahan berdasarkan kategori lahan dalam IPCC GL 2006.

Tabel.1 Pembagian kategori lahan Indonesia ke dalam IPCC GL 2006

No.	Kategori IPCC GL 2006	Kategori Lahan
1	Lahan Hutan (FL)	Hutan Lahan Kering Primer
2	Lahan Hutan (FL)	Hutan Rawa Primer
3	Lahan Hutan (FL)	Hutan Mangrove Primer
4	Lahan Hutan (FL)	Hutan Lahan Kering Sekunder
5	Lahan Hutan (FL)	Hutan Rawa Sekunder
6	Lahan Hutan (FL)	Hutan Mangrove Sekunder
7	Lahan Hutan (FL)	Hutan Tanaman(*)
		Area Penggunaan Lain (APL)
8	Lahan Pertanian (CL)	Pertanian
9	Lahan Pertanian (CL)	Pertanian campur semak
10	Lahan Pertanian (CL)	Transmigrasi
11	Lahan Pertanian (CL)	Sawah
12	Lahan Pertanian (CL)	Perkebunan
13	Padang Rumput (GL)	Belukar / Semak
14	Padang Rumput (GL)	Padang Rumput
15	Lahan Basah (WL)	Belukar Rawa
16	Lahan Basah (WL)	Belukar
17	Pemukiman (S)	Permukiman
18	Lahan Lain (OL)	Tanah Terbuka
19	Lahan Lain (OL)	Tambak
20	Lahan Lain (OL)	Bandara
21	-	Air
22	-	Awan

Sumber: IPCC GL, 2006

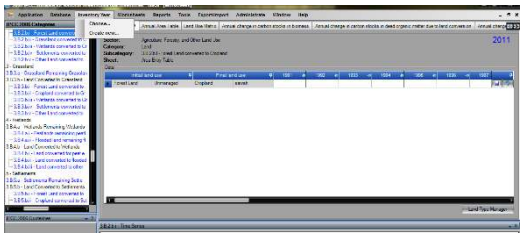
Hasil kelas penggunaan lahan yang telah diperoleh melalui inetrpretasi citra Alos Palsar wilayah pesisir Kabupaten Maros, maka data tesebut akan dilakukan pengkelasan untuk jenis penggunaan lahan yang memilki tegakan pohon. Hal ini dilakukan untuk menghitung potensi biomassa tegakan berdasarkan persamaan alometrik yaitu

a. $W = 0{,}1043*D^{2,6}$ untuk pohon yang tidak memiliki rumus alometrik secara spesifik khususnya mangga (Brown 1997).
b. $W = 0{,}131*D^{2,28}$ untuk pohon bambu (Priyadarsini *et al* 2000).
c. W = 0,153*D2.68 untuk pohon bakau (Rahayu et al. 2007).
d. Y = 0,54*Dpel0,63 Ppel 0,31 untuk pohon nypah (Irmayeni 2010).
e. $Y = 0{,}153*D^{2,382}$ untuk pohon jati (Sutaryo *et al.* 2009).
f. W = 0,1043*D2,6 untuk pohon yang tidak memiliki rumus alometrik secara spesifik khususnya mangga (Brown 1997).
g. W = 0,131*D2,28 untuk pohon bambu (Priyadarsini et al 2000).
h. W = 0,153*D2.68 untuk pohon bakau (Rahayu et al. 2007).
i. d. Y = 0,54*Dpel0,63 Ppel 0,31 untuk pohon nypah (Irmayeni 2010).
j. e. $Y = 0{,}153*D^{2,382}$ untuk pohon jati (Sutaryo *et al.* 2009).

Tahapan selanjutnya melakukan klasifikasi curah hujan untuk mengetahui tipe iklim sesuai dengan standar software IPCC GL 2006, selain itu pengklasifikasian juga dilakukan untuk data jenis tanah menurut taksonomi *United states Department of Agriculture* (USDA), 1975. Hasil klasifikasi tersebut akan dimasukkan

kedalam software IPCC GL 2006 beserta data hasil pengukuran tegakan pohon. Berikut tahapan-tahapan pengerjaan software IPCC GL 2006:

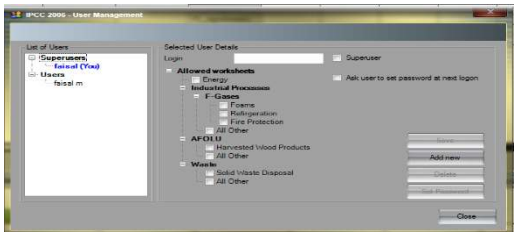
a. Klik inventory year lalu pilih Create new untuk membuat lembar kerja.



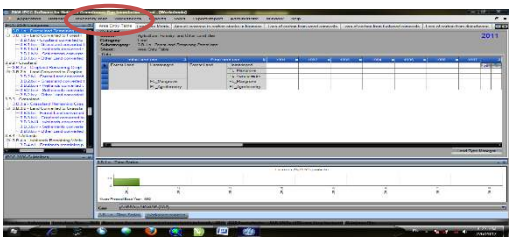
b. Memilih negara pada kotak dialog "Administrate" lalu pilih "Country"

c. Memilih kembali pada kotak dialog "Administrate" lalu pilih "user"

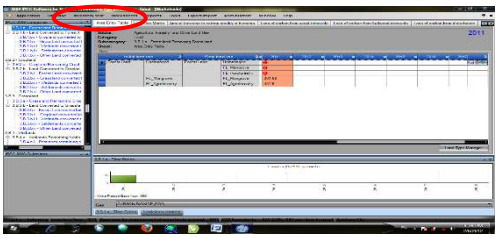
d. Kemudian buat nama pengguna lalu centang "AFOLU"



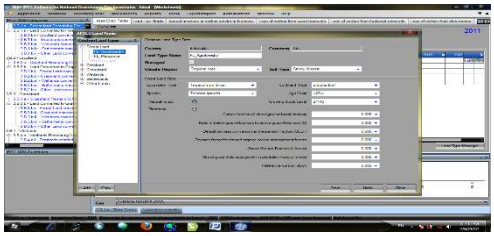
e. Klik "worksheets" untuk memulai pengolahan data.



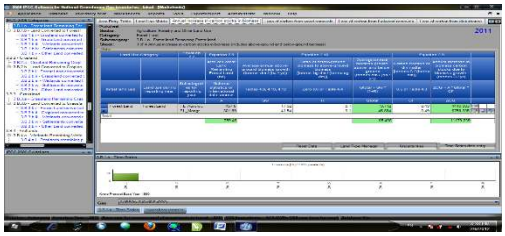
f. Pada menubar "Area entry table" masukkan nilai luasan area.



g. Kemudian pilih "land type manager" untuk penginputan data antara lain:
   - tipe lahan, iklim, jenis tanah, jenis pohon dan umur pohon kemudian Save dan tutup.



h. Memilih kotak dialog "annual Area Table" untuk penginputan data biomassa dan mengetahui serapan karbon.

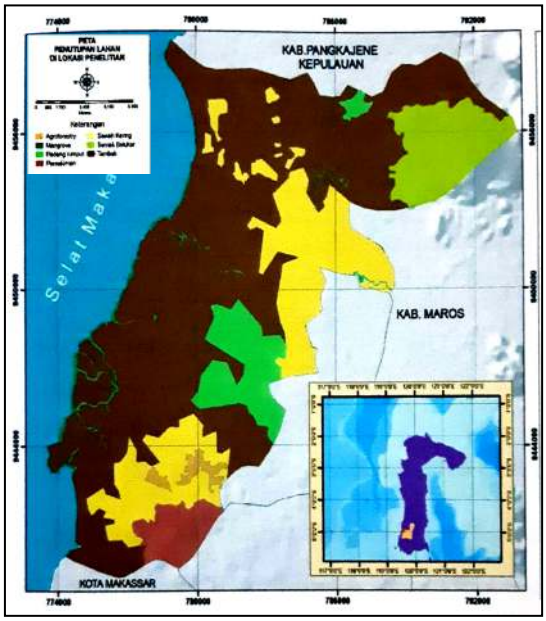


- Pengimputan data berdasarkan kriteria pola penggunaan lahan
  - Forest land : tipe iklim, tipe ekosistem, jenis tanah, jenis tegakan, tipe hutan, jenis daratan (dataran atau pulau), kelas umur, dan pertambahan riap.
  - Cropland : jenis lahan pertanian, iklim, tipe tanah.
  - Grassland : tipe iklim, jenis tanah, tipe vegetasi,
  - Wetland : tipe iklim, jenis lahan basah, tipe tanah,
  - Pemukiman : tipe iklim dan jenis tanah.
  - Otherlands: tipe iklim, faktor emisi tahunan dan jenis tanah.
- Penginputan luas area yang dikaji
- Penginputan data biomassa diatas dan dbawah tanah
- Pembuatan peta serapan karbon aktual dengan metode GIS
- Simulasi area lahan kritis berdasarkan kategori penggunaan lahan menurut IPCC.
- Pembuatan peta serapan karbon berdasarkan hasil simulasi dengan metode GIS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Spasial Penutupan Lahan

Berdasarkan analisis spasial menggunkan citra ALOS 2009 menunjukkan bahwa lokasi penelitian terdiri atas beberapa jenis penutupan lahan yaitu hutan mangrove, agroforestry, tambak, sawah kering, semak belukar, padang rumput dan pemukiman. Hutan mangrove ini umumnya didominasi oleh jenis *Rizophora* sp. yang tumbuh di daerah payau sepanjang pantai yang masih dipengaruhi daerah pasang surut sampai pada batas daerah yang ditumbuhi nipah (*Nypa fruticans)*. Lahan agroforestry merupakan kawasan yang dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai hutan rakyat yang ditanami jati (*Tectona grandis*) dan bambu (*Bambusa* sp) serta jenis-jenis *multi purpose trees species* (MPTS) seperti mangga. Luas masing-masing penutupan lahan ditunjukkan pada Tabel 8.



Gambar 1. Peta Penutupan Lahan Wilayah Pesisir Kabupaten Maros

Tabel 2 Luas Beberapa Jenis Penutupan Lahan pada Wilayah Pesisir Kabupaten Maros

No.	Jenis Penutupan Lahan	Luas (Ha)
1	Hutan Mangrove	214.88
2	Agroforestry	173.94

3	Sawah	3.708,9
4	Padang Rumput	1.238,08
5	Tambak	10.971,08
6	Semak Belukar	1.404,6
7	Pemukiman	612.81
8	Kawasan Perairan Pesisir Pantai	255.05
9	Hutan Produksi	0
	Jumlah	18.579,34

Luas total wilayah pesisir kabupaten maros sebesar 18579.34 ha dengan luas masing-masing untuk hutan mangrove, hutan agroforestry, sawah, padang rumput, tambak, semak belukar, pemukiman dan kawasan perairan pesisir pantai berturut-turut 214,88; 173,94; 3.708,9; 1.238,08; 10.971,08; 1.404,61 612,81 dan 255,05 ha. Tambak merupakan jenis penggunaan lahan yang mendomiasi pada daerah pesisir tersebut dengan persentase sekitar (59,05%) diikuti oleh sawah (19.96%) dan semak belukar areal berhutan hanya menutupi sekitar (2.10%) yang terbagi masing-masing (1,16%) hutan mangrove dan (0,94%) areal agroforestry.

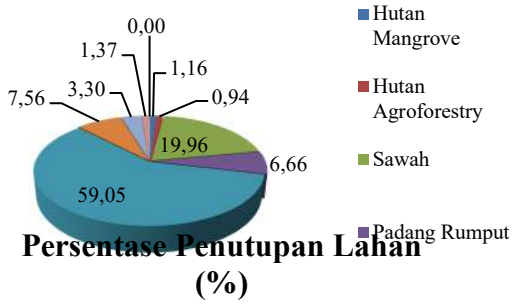


Figure 1. Persentase Jenis Penggunaaan Lahan pada Wilayah Pesisir Kabupaten Maros

Analisis Cadangan dan Serapan Karbon Aktual

Karbon merupakan suatu unsur yang diserap dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan disimpan dalam bentuk biomassa. Tempat penyimpanan utama karbon adalah terdapat dalam biomassanya (termasuk bagian atas yang meliputi batang, cabang, ranting, daun, bunga, dan buah serta bagian bawah yang meliputi akar), bahan organik mati, tanah dan yang tersimpan dalam produk kayu yang nantinya dapat diemisikan untuk produk jangka panjang.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan IPCC GL 2006 pada Tabel 10, menunjukkan bahwa cadangan karbon pada hutan mangrove sebesar 447,80 ton/ha dengan cadangan karbon aktual pada keseluruhan hutan mangrove sebesar 96.223,52 ton lebih tinggi dibandingkan dengan areal agroforestry sebesar 193,22 ton/ha dengan cadangan karbon aktual pada keseluruhan areal agroforestry sebesar 33.608,81 ton. Tingginya cadangan karbon pada hutan mangrove dan agroforestry disebabkan areal tersebut didominasi oleh tanaman berupa pohon. Hasil penelitian van Noordwijk *et al*. (2002) menunjukkan bahwa pohon merupakan komponen terbesar dari biomasa di atas permukaan tanah. Biomassa pohon dari hutan primer,hutan bekas tebangan dan agroforestri umur 11-30 tahun menyumbangkan 90% dari total karbon. Nekromasa,tumbuhan bawah dan seresah hanya memberikan sekitar 10%.

Tabel 2. Cadangan Karbon pada Beberapa Penggunaan Lahan

No	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Cadangan Karbon Per Ha (ton/ha)	Total Cadangan Karbon (Ton)
1	Hutan *Mangrove*	214,88	447,80	96.223,52
2	*Agroforestry*	173,94	193,22	33.608,81
3	Sawah	3.708.9	2,40	8.901,36
4	Padang Rumput	1.238,08	15,70	19.437,86
5	Tambak	10.971,08	0,00	0.00
6	Semak Belukar	1.404,6	25,49	35.796,23
7	Pemukiman	612,81	1,00	612,81
8	Kawasan Perairan Pesisir Pantai	255,05	0.00	0.00
9	Hutan Produksi	0.00	0.00	0.00
	Jumlah	18.579,34	685.61	1.94.580,59

Semak belukar memiliki cadangan karbon sebesar 25,49 ton/ha. Cadangan karbon pada semak belukar ini umumnya terdapat pada tanaman perdu seperti melastoma, kirinyu dan tembelekan. Cadangan karbon pada rumbut tersimpan dalam tanaman rumput-rumputan terutama alang-alang (*Imperata cylidryca*) dengan cadangan karbon sebesar 15,70 ton/ha sedangkan pada sawah tersimpan dalam padi dengan nilai cadangan karbon sebesar 2,40 ton/ha. Kawasan pemukiman juga memiliki potensi cadangan karbon yang berasal pada tanaman pekarangan yaitu sebesar 1 ton/ha. Tambak dan kawasan perairan di pesisir pantai tidak memiliki cadangan karbon.

Serapan karbon pada beberapa penggunaan lahan seperti ditunjukkan pada Tabel 3 sangat bervariasi dan sangat tergantung pada tipe penggunaan lahan. Hutan mangrove dan agroforestri memiliki serapan karbon paling tinggi. Serapan karbon pada hutan mangrove sebesar 22,39 ton/(ha/tahun) dengan total serapan karbon pada keseluruhan hutan mangrove pada daerah pesisis kabupaten maros sebesar 4811,18 ton/tahun sedangkan serapan karbon pada agroforestry sebesar 9,66 ton/(ha/tahun) dengan total serapan karbon pada keseluruhan agroforestry sebesar 1680,44 ton /tahun. Serapan karbon pada semak belukar, padang rumput, sawah dan pemukiman berturut turut 5,10; 3,93; 2,40 dan 0,10 ton/(ha/tahun) dengan total serapan berturut-turut 7159.25; 4859.46; 8901.36 dan 612.81 ton/tahun.

Tingkat penyerapan karbon di beberapa tipe penggunaan lahan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: iklim, topografi, karakteristik lahan, umur dan kerapatan vegetasi, komposisi jenis serta kualitas tempat tumbuh.

Tabel 3. Serapan Karbon pada Beberapa Penggunaan Lahan

No	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Serapan Karbon Per Ha (ton/(ha/tahun)	Total Serapan Karbon (ton/tahun)
1	Hutan Mangrove	214,88	22,39	4.811,18
2	Agroforestry	173,94	9,66	1.680,44
3	Sawah	3.708,9	2,40	8.901,36
4	Padang Rumput	1.238,08	3,93	4.859,46
5	Tambak	10.971,08	0,00	0.00
6	Semak Belukar	1404.6	5,10	7.159,25
7	Pemukiman	612,81	0,10	612.81
8	Kawasan Perairan Pesisir Pantai	255,05	0,00	0,00
9	Hutan Produksi	0,00	0,00	0,00
	Jumlah	18.579,34	43,58	28.024,50

Sumber : Hasil olah data

KESIMPULAN

Hutan mangrove dan agroforestry merupakan areal penyimpan karbon terbesar di kawasan pesisir tersebut yaitu masing-masing 96.223,52 dan 33.608,81 ton. Berdasarkan IPCC hutan mangrove dan agroforestry memiliki serapan karbon masing-masing 22,39 dan 9,6 ton/(ha/tahun). Meskipun demikian, dengan serapan karbon masing-masing hanya sekitar 2,4 dan 5,1 ton/(ha/tahun) sawah dan semak belukar justru menunjukkan serapan karbonnya secara total pada wilayah pesisir memiliki 8.901,36 dan 7.159,25 ton/tahun. Dengan luas yang sangat kecil hutan mangrove dan agroforestry mampu menyerap karbon sebesar 4.811,18 dan 1680.44 ton/tahun.

.

DAFTAR PUSTAKA

Adinugroho, W., Syahbani, I., Rengku, M., Arifin, Z., dan Mukhaidil. 2010. Pendugaan Cadangan Karbon (C-Stok) dalam Rangka Pemanfaatan Fungsi Hutan sebagai Penyerap Karbon. PT. Inhutani I batu Ampar. Kalimantan Timur.

Budiyano, E. 2010. Sistem Informasi Geografis dengan Arc View GIS. Andi. Yogyakarta.

Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest A Primer. USA: FAO. Forestry Paper. 134: 10-13.

Dartoyo. 2004. Model Pengelolaan Pesisir Kabupaten Berbasis Digital. Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosultanal). Jakarta.

Ginoga, K., Masripatin, N., Wibowo, A., Dharmawan, W., Anwar, C., Siregar, Lugina, M., Indartik, Wulandari, W., Sakuntaladewi, N., Maryani, R., Pari, G., Apriyanto, D., Subekti, B., Puspasari, D., Utomo, A., Darmawan, S., Heryansah, I., Heriyanto, N.M., Siringiringo, H., Damayanti, R., Anggraeni, D., dan Krisnawati, H. 2010. Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor.

Huda, M. 2008. Strategi Kebijakan Pengelolaan Mangrove Berkelanjutan di Wilayah Pesisir Kabupaten Tanjung JabungTimur Jambi. Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro.

Hairiah, K., dan Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre – ICRAF. Southeast Asia, Bogor. Indonesia.

Irmayeni. 2010. Metode Alometrik Biomassa dan Pendugaan Simpanan Karbon Rawa Nypah. Universitas Sumatera Utara.

Komiyama, A., Ong, J.E., dan S. Poungparn. 2008. Allometry, Biomass, and Productivity of Mangrove Forest: A Review. Aquatic Botany: 89 (2): 128-137. Doi:10.1016/j.aquabot.2007.12.006.

Rahayu, S., Lusiana, B., Van Noordwijk, M. 2007. Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai SIstem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. Bogor: World Agroforestry Centre. Bogor.

Rahmi, J. 2009. Hubungan Kerapatan Tajuk dan Penggunaan Lahan Berdasarkan Analisis Citra Satelit dan Sistem Informasi Geografis di Taman Nasional Gunung Leuser (Skripsi). Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.

Sutaryo, et.al. 2009. Perhitungan Biomassa: Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia. Programme Bogor Indonesia.

Suryantoro dan Agus. 2002. Penggunaan Lahan dengan Foto Udara di Kota Yogyakarta. Disertasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Undang-Undang Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.

Wahyu, C.A., Syahbani, I., Mardi, T.R., Arifin, Z., Mukhaidil. 2010. Pendugaan Cadangan Karbon (C-Stock) dalm Rangka Pemanfaatan Fungsi Hutan Sebagai Penyerap Karbon. http:bemfahutan/ipb.ac.id/indexphp/artikel/I-pendugaan-cadangan-karbon-c-stok.