

# Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Besaran Stok Karbon di Kota Surabaya

Umami Fadlilah Kurniawati  
Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: fa.ummi99@gmail.com

**Abstrak**—Kota Surabaya mengalami peningkatan jumlah penduduk sebesar 2,5 juta pada tahun 2000 dan bertambah menjadi 2,8 juta penduduk di tahun 2020, dengan rata-rata laju pertumbuhannya tahun 2000-2010 mencapai 0,62%, tahun 2010-2017 mencapai 0,5%. Sedangkan untuk tahun 2018-2020, laju pertumbuhan penduduk adalah -0.19%. Pertambahan jumlah penduduk dari tahun 2000-2020 tentunya juga diikuti dengan bertambahnya luas lahan terbangun. Akibat adanya alih fungsi lahan terbangun ini menyebabkan berkurangnya lahan terbuka hijau, dimana lahan terbuka hijau memiliki peran yang penting dalam penyerapan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Dalam penelitian ini melakukan analisis sejauh mana persentase perubahan penggunaan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2000 dan 2020 disertai dengan menganalisa besaran stok karbon yang dihasilkan dari penggunaan lahan di periode tersebut. Untuk itu, sasaran penelitian ini (1) mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2000 dan 2020; (2) menganalisa nilai stok karbon berdasarkan perubahan penggunaan lahan tahun 2000 dan 2020. Dalam menganalisa nilai stok karbon menggunakan rumus dari Kalkulator GRK yang dikembangkan oleh ICLEI-Local Governments for Sustainability. Hasil penelitian menunjukkan persentase perubahan penggunaan lahan dalam rentang waktu 2000-2020 sebesar 0,97%, sementara nilai stok karbon dalam rentang waktu 2000-2020 meningkat sebesar 4,35%, yakni 283.433,5 Ton dan nilai stok karbon di tahun 2020 sebesar 296.323,5 Ton.

**Kata Kunci**—emisi GRK, perubahan iklim, emisi karbondioksida, stok karbon

## I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang tidak dapat dihindari menjadikan adaptasi sebagai suatu keharusan. Berbagai hasil kompilasi data meteorologi memperlihatkan adanya variabilitas iklim yang meningkat atau sebelumnya terdapat cuaca ekstrim yang belum pernah dirasakan [1]. Peningkatan aktivitas ekstrim ini berkaitan dengan fenomena pemanasan global [2]. Fenomena yang memiliki laju sangat cepat ini dikhawatirkan akan berdampak pada meningkatnya frekuensi bencana hidrometeorologi dan penurunan sumber daya alam khususnya pada permukaan bumi [1]. Nantinya fenomena ini akan menghambat pembangunan atau bahkan mengancam hasil pembangunan [3].

Pada sisi yang lain, *global warming* akan terus berlanjut karena sifat inersia sistem iklim, meskipun emisi gas rumah kaca dihentikan sekarang juga [4]. Salah satu penyebab perubahan iklim global dengan adanya emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang meningkat akibat berbagai aktivitas yang membuat suhu bumi meningkat. Adanya perubahan iklim global juga berdampak terhadap keseimbangan ekosistem makhluk hidup [5].

Dampak dari perubahan iklim antara lain pada

peningkatan muka air laut, perubahan pola hujan, penurunan luas lahan dan produktivitas tanaman, berkurangnya kuantitas dan kualitas air, kepunahan spesies dan kerusakan habitat [6]. Dampak yang ditimbulkan perubahan iklim tersebut menjadi tantangan bagi pembangunan sosial maupun ekonomi berkelanjutan, serta untuk mencapai tujuan pembangunan [6]. Dinamika perubahan penggunaan lahan tersebut berpotensi menimbulkan peningkatan pada produksi emisi karbon [7]. Sekitar 85% emisi di Indonesia pada tahun 2005 bersumber dari aktivitas penggunaan lahan [7].

Gas yang memberikan sumbangan terbesar gas rumah kaca adalah karbon [8]. Ruang terbuka hijau dalam ekosistem hutan menyerap gas-gas rumah kaca dengan mentransformasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi karbon (C) dalam pohon, tumbuhan bawah dan tanah. Hutan menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari udara melalui proses fotosintesis dan penyimpanan berbentuk biomassa hutan. Biomassa hutan memiliki sekitar 80% karbon terestrial di atas tanah dan sekitar 40% karbon di bawah tanah. Konversi lahan, deforestasi, degradasi hutan, dan reforestasi mampu memberikan perubahan jenis tutupan lahan mengakibatkan komposisi biomassa terestrial berubah [9].

Kota Surabaya merupakan kota yang memiliki jumlah populasi yang tergolong tinggi dan cenderung meningkat setiap tahunnya. Diketahui dari data Surabaya Dalam Angka, jumlah penduduk di Kota Surabaya meningkat yakni pada tahun 2020 sebesar 2,5 juta dan bertambah menjadi 2,8 juta penduduk di tahun 2020, dengan laju pertumbuhan tahun 2000-2010 mencapai 0,62%, tahun 2010-2017 mencapai 0,5%. Sedangkan untuk tahun 2018-2020, laju pertumbuhan penduduk adalah -0.19%. [10]. Pertambahan penduduk ini tentunya juga diikuti dengan bertambahnya luas lahan terbangun (Sobrin, Fatimah 2015). Akibat adanya alih fungsi lahan terbangun ini menyebabkan berkurangnya lahan terbuka hijau, dimana lahan terbuka hijau memiliki peran yang penting dalam penyerapan CO<sub>2</sub> [11].

Gas CO<sub>2</sub> yang diserap oleh vegetasi pada ruang terbuka hijau, akan berdampak pada penurunan suhu udara di sekitar [12]. Untuk itu dalam penelitian ini mengkaji mengenai perubahan penggunaan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2000 dan 2020 dan menganalisis stok karbon pada tahun tersebut sehingga diketahui pola spasial dan nilai stok karbon di Kota Surabaya tahun 2000 dan 2020. Berbagai penelitian telah dilakukan tentang potensi cadangan karbon, termasuk penelitian tentang stok karbon di atas dan di bawah permukaan tanah berdasarkan berbagai jenis hutan, analisis karbon pada berbagai jenis penggunaan lahan agroforestri, penggunaan lahan monokultur dan relevansi antara stok karbon dan beberapa properti tanah dalam penggunaan

lahan. Dari berbagai penelitian tersebut, hasil yang diperoleh berbeda-beda sesuai dengan jenis tutupan lahan masing-masing [13].

Studi ini berfokus pada perhitungan nilai stok karbon pada beberapa penggunaan lahan tahun 2000 yang dibandingkan dengan penggunaan lahan tahun 2020. Perhitungan stok karbon dari sektor LULUCF (hutan/*land use, land use change and forestry*) penting untuk diperhitungkan karena untuk memberikan dukungan terhadap penyusutan emisi Gas Rumah Kaca [14]. Pendekatan perencanaan penggunaan lahan dapat diterapkan melalui pembangunan rendah emisi karbon salah satunya dengan gas CO<sub>2</sub> yang diserap dalam tanah dan diubah menjadi karbon organik dari proses fotosintesis [15]. Pendekatan perencanaan rendah emisi karbon menjadi dasar dilakukan penelitian ini. Perubahan penggunaan lahan, terutama konversi lahan hijau menjadi lahan terbangun merupakan masalah utama dalam perubahan lingkungan global [16]. Dengan diketahuinya perubahan penggunaan lahan dan besarnya simpanan gas CO<sub>2</sub> atau stok karbon maka diharapkan dapat menjadi pertimbangan Pemerintah Kota Surabaya dalam merumuskan rencana aksi mitigasi maupun adaptasi perubahan iklim.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi dan objek penelitian di Kota Surabaya. Kota Surabaya dijadikan pertimbangan objek penelitian karena Kota Surabaya merupakan kota metropolitan dengan penduduk yang meningkat setiap tahun disertai kompleksnya jenis kegiatan sehingga berpengaruh pada proses perubahan penggunaan lahan dan tingginya emisi yang dihasilkan dari kegiatan pada penggunaan lahan tersebut.

B. Metode Pengumpulan Data

Data sekunder antara lain, luas perubahan penggunaan lahan tahun 2000 dan tahun 2020 yang diakses dari <https://puma.worldbank.org/tool/>. Selain itu untuk perhitungan stok karbon, dibutuhkan data luas penggunaan lahan serta konstanta stok karbon berdasarkan jenis penggunaan lahan yang diperoleh dari Kalkulator GRK. Kalkulator GRK yang digunakan ini merupakan kalkulator dalam format excel yang dikembangkan oleh ICLEI-Local Governments for Sustainability.

C. Metode Analisis

Untuk menghitung stok karbon digunakan pendekatan perhitungan dari Kalkulator ICLEI yakni dengan mengkalikan indeks stok karbon masing-masing penggunaan lahan (Ton C/Ha) dengan luas lahan (Ha). Adapun rincian indeks per masing-masing penggunaan lahan sebagai berikut:

Tabel 1.

Nilai Konstanta Stok Karbon Berdasarkan Jenis Penggunaan Lahan

Kelas Tutupan Lahan	Kode	Konstanta Stok Karbon (Ton C/Ha)
Hutan lahan kering primer	Hp / 2001	195,4
Hutan lahan kering sekunder / bekas tebang	Hs / 2002	169,7
Hutan Rawa Primer	Hrp / 2005	196
Hutan Rawa Sekunder / bekas tebang	Hrs / 20051	155

Kelas Tutupan Lahan	Kode	Konstanta Stok Karbon (Ton C/Ha)
Hutan Mangrove Primer	Hmp / 2004	170
Hutan Mangrove Sekunder / bekas tebang	Hms / 20041	120
Hutan Tanaman	Ht / 2006	64
Perkebunan / Kebun	Pk / 2010	63
Semak Belukar	B / 2007	30
Semak belukar rawa	Br / 20071	30
Savanna / Padang rumput	S / 3000	4,5
Pertanian lahan kering	Pt / 20091	10
Pertanian lahan kering campur semak / kebun	Pc / 20092	30
Sawah	Sw / 20093	2
Tambak	Tm / 20094	0
Lahan terbangun	Pm / 2012	5
Transmigrasi	Tr / 20122	10
Lahan terbuka	T / 2014	2,5
Pertambangan	Tb / 20141	0
Tubuh air	A / 5001	0
Rawa	Rw / 50011	0
Awan	Aw / 2500	0
Bandara / Pelabuhan	Bdr/Plb / 20121	0

Jenis penggunaan lahan yang memiliki potensi stok karbon terbesar adalah Hutan tanaman, sebesar 64 Ton/Ha. Sementara jenis penggunaan lahan yang memiliki potensi stok karbon terkecil adalah Sawah, sebesar 2 Ton/Ha dan lahan terbangun (selain permukiman dan area industri komersial) sebesar 5 Ton/Ha. Jenis-jenis penggunaan lahan yang tidak memiliki potensi stok karbon adalah jenis penggunaan lahan permukiman berkepadatan tinggi, wetlands, badan air, industrial, commercial, transport units (semua kategori lahan yang digunakan untuk sarana prasana transportasi, seperti jalan, halte, terminal), dan pantai.

III. PEMBAHASAN

A. Identifikasi Perubahan Penggunaan Lahan Pada Tahun 2000 dan 2020

Data penggunaan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2000 dan 2020 diklasifikasikan menjadi 12 jenis lahan. Adapun klasifikasi tersebut ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2.

Jenis Penggunaan Lahan Eksisting Tahun 2000 dan 2020 di Kota Surabaya

Kelas	Jenis Penggunaan Lahan	Luas lahan eksisting_2000 (Ha)	Luas lahan_2020 *(Ha)	Persentase Perubahan (%)
111	Permukiman berkepadatan tinggi	5869,97	6171,15	4.88%
112	Permukiman berkepadatan sedang	5563,07	6852,18	18.81%
113	Permukiman berkepadatan rendah	2236,91	2753,76	18.77%
120	Industrial, komersial, unit transportasi	4133,08	4746,86	12.93%
130	Lahan terbangun	668,16	871,97	23.37%
140	Hutan tanaman	1734,72	1474,05	-17.68%
200	Sawah	11596,40	9320,86	-24.41%
310	Hutan mangrove	46,69	44,08	-5.92%

	sekunder			
320	Rawa	857,81	685,65	-25.11%
330	Lahan terbuka	40,49	133,35	69.64%
510	Tubuh air	383,37	397,11	3.46%
520	Pantai	0	5,04	100.00%
Total		33130,67	33456,06	

\* Luas lahan 2020 diambil dari hasil simulasi LanduseSIM

Dari 12 jenis penggunaan lahan yang digunakan, berdasarkan standar dari Kalkulator GRK pada tabel 1, terdapat 8 jenis penggunaan lahan yang memiliki potensi stok karbon. Persentase perubahan penggunaan lahan dalam rentang waktu 2000-2020 diketahui bahwa penggunaan lahan kosong memiliki peningkatan tertinggi dalam jangka waktu 20 tahun, yakni sebesar 69,64% dengan sumbangsih terbesar berasal dari konversi lahan pertanian menjadi lahan kosong. Ini artinya dalam kurun waktu 20 tahun dari tahun 2000 hingga tahun 2020, terjadi penurunan kegiatan ekonomi di bidang pertanian di Kota Surabaya. Lahan pertanian cenderung dipersiapkan sebagai lahan cadangan pengembangan permukiman perkotaan sebesar 105,07 Ha.

Sementara itu, jenis penggunaan lahan yang mengalami penurunan luasan terbesar adalah rawa-rawa dan semak belukar (other natural land), yakni sebesar 25,11%. Lahan jenis ini umumnya terkonversi menjadi construction sites (71,59 Ha) dan pertanian (75,72 Ha). Dari sebaran data jenis penggunaan lahan kemudian dikonversi menjadi jenis penggunaan lahan di Kota Surabaya berdasarkan nilai konstanta stok karbon pada Kalkulator GRK sebagai berikut:

Tabel 3.  
Konversi Jenis Penggunaan Lahan Eksisting Tahun 2000 di Kota Surabaya Berdasarkan Klasifikasi Kalkulator GRK

Kelas	Jenis Penggunaan Lahan	Konversi Lahan Kalkulator GRK	Asumsi nilai minima 1	Luas lahan eksisting _2000 (Ha)	Luas lahan akhir_2000 (Ha)
111	Permukiman berkepadatan tinggi	Hutan tanaman	0	586997	0
112	Permukiman berkepadatan sedang	Hutan tanaman	0,2	556307	1112,6
113	Permukiman berkepadatan rendah	Hutan tanaman	0,5	223691	1118,5
120	Industrial, komersial, unit transportasi	Industrial, komersial, unit transportasi	1	413308	4133,1
130	Lahan terbangun	Lahan terbangun	1	66816	668,16
140	Hutan tanaman	Hutan tanaman	1	173472	1734,72
200	Sawah	Sawah	1	1159640	11596,4
310	Hutan Mangrove sekunder	Hutan tanaman	1	4669	46,69
320	Rawa	Rawa	1	85781	857,81
330	Lahan terbuka	Lahan terbuka	1	4049	40,49
510	Tubuh air	Tubuh air	1	383,37	383,37

520	Pantai	Pantai	1	0	0
-----	--------	--------	---	---	---

Untuk menghitung konstanta karbon pada jenis penggunaan lahan permukiman, dilakukan asumsi persentase Hutan Tanaman pada setiap jenis permukiman. Pada permukiman berkepadatan tinggi diidentifikasi tidak memiliki lahan hijau (0%), pada permukiman berkepadatan sedang diidentifikasi memiliki lahan hijau sebesar 20%, dan pada permukiman berkepadatan rendah diidentifikasi memiliki lahan hijau sebesar 50%. Persentase luas Hutan Tanaman yang telah ditentukan tersebut selanjutnya dikalikan dengan konstanta potensi stok karbon Hutan Tanaman sehingga didapatkan potensi stok karbon 12,8 Ton/Ha untuk permukiman berkepadatan sedang, dan 32 Ton/Ha untuk permukiman berkepadatan rendah.

Tabel 4.  
Konversi Jenis Penggunaan Lahan Eksisting Tahun 2020 di Kota Surabaya Berdasarkan Klasifikasi Kalkulator GRK

Kelas	Jenis Penggunaan Lahan	Konversi Lahan Kalkulator GRK	Asumsi nilai minima 1	Luas lahan eksisting _2020(Ha)	Luas lahan akhir _2020 (Ha)
111	Permukiman berkepadatan tinggi	Hutan tanaman	0	6171,15	0
112	Permukiman berkepadatan sedang	Hutan tanaman	0,2	6852,18	1370,436
113	Permukiman berkepadatan rendah	Hutan tanaman	0,5	2753,76	1376,88
120	Industrial, komersial, unit transportasi	Industrial, komersial, unit transportasi	1	4746,86	4746,86
130	Lahan terbangun	Lahan terbangun	1	871,97	871,97
140	Hutan tanaman	Hutan tanaman	1	1474,05	1474,05
200	Sawah	Sawah	1	9320,86	9631,72
310	Hutan Mangrove sekunder	Hutan tanaman	1	44,08	44,08
320	Rawa	Rawa	1	685,65	696,51
330	Lahan terbuka	Lahan terbuka	1	133,35	141,90
510	Tubuh air	Tubuh air	1	397,11	397,11
520	Pantai	Pantai	1	5,04	5,04

Dari data luas akhir penggunaan lahan yang ditunjukkan pada tabel 3 dan 4, terlihat bahwa persentase perubahan lahan yang diasumsikan tumbuh adalah kelas lahan 111, 112, 113, 120, 130. Kelas lahan yang diasumsikan terkonversi adalah 140, 200, 310, 320. Sedangkan kelas lahan yang cenderung statis adalah 510 dan 520.

**B. Analisa Perhitungan Stok Karbon Penggunaan Lahan Pada Tahun 2000 dan 2020**

Perhitungan stok karbon didapatkan dari hasil kali antara nilai konstanta stok karbon dengan luas lahan di Kota Surabaya tahun 2000 dan 2020. Berikut adalah hasil perhitungan stok karbon di Kota Surabaya pada tahun 2000.

Tabel 5.  
Hasil Analisa Perhitungan Stok Karbon Tahun 2000 di Kota Surabaya

Kelas	Jenis Penggunaan Lahan	Konversi Lahan Kalkulator GRK	Luas lahan akhir_200 (Ha)	Konstanta Stok Karbon (Ton C/Ha)	Total Stok Karbon
111	Permukiman berkepadatan tinggi	Hutan tanaman	0	64	0
112	Permukiman berkepadatan sedang	Hutan tanaman	1112,6	64	71207,3
113	Permukiman berkepadatan rendah	Hutan tanaman	1118,5	64	71,581,1
120	Industrial, komersial, unit transportasi	Industrial, komersial, unit transportasi	4133,1	0	0
130	Lahan terbangun	Lahan terbangun	668,16	5	3340,8
140	Hutan tanaman	Hutan tanaman	1734,72	64	111022,1
200	Sawah	Sawah	1159,6,4	2	23192,8
310	Hutan Mangrove sekunder	Hutan tanaman	46,69	64	2988,2
320	Rawa	Rawa	857,81	0	0
330	Lahan terbuka	Lahan terbuka	40,49	2,5	101,2
510	Tubuh air	Tubuh air	383,37	0	0
520	Pantai	Pantai	0	0	0

Berdasarkan tabel diatas, dapat terlihat bahwa total stok karbon di Kota Surabaya pada tahun 2000 adalah sebesar 283.433,5 Ton. Jenis lahan yang paling berperan dalam menyimpan stok karbon adalah Hutan Tanaman dengan kode kelas 140 dan nilai stok karbon sebesar 111.022,1 Ton. Kawasan permukiman berkepadatan sedang hingga rendah juga berperan penting dalam menyimpan stok karbon, karena masing-masing jenis lahan tersebut memiliki unsur hijau, dimana terdapat vegetasi yang dapat menyerap emisi karbon di udara.

Keadaan ini tidak jauh berbeda dengan kondisi stok karbon di Kota Surabaya pada tahun 2020. Walaupun terjadi peningkatan, namun tidak signifikan. Berikut ini data stok karbon Kota Surabaya pada tahun 2020.

Tabel 6.

Hasil Analisa Perhitungan Stok Karbon Tahun 2020 di Kota Surabaya

Kelas	Jenis Penggunaan Lahan	Konversi Lahan Kalkulator GRK	Luas lahan akhir_2020 (Ha)	Konstanta Stok Karbon (Ton C/Ha)	Total Stok Karbon
111	Permukiman berkepadatan tinggi	Hutan tanaman	0	64	0
112	Permukiman berkepadatan sedang	Hutan tanaman	1370,44	64	87707,9
113	Permukiman berkepadatan rendah	Hutan tanaman	1376,88	64	88120,3
120	Industrial, komersial, unit transportasi	Industrial, komersial, unit transportasi	4746,86	0	0

130	Lahan terbangun Hutan	Lahan terbangun Hutan	871,97	5	4359,9
140	tanaman Sawah	tanaman Sawah	1474,05	64	94339,2
200			9320,86	2	18641,7
310	Hutan Mangrove sekunder	Hutan tanaman	44,08	64	2821,1
320	Rawa	Rawa	685,65	0	0
330	Lahan terbuka	Lahan terbuka	133,35	2,5	333,4
510	Tubuh air	Tubuh air	397,11	0	0
520	Pantai	Pantai	5,04	0	0

Pada tahun 2020 tercatat total stok karbon di Kota Surabaya sebesar 296.323,5 Ton, atau meningkat sebesar 4,35% dari total stok karbon pada tahun 2000. Karakteristik yang berbeda pada tahun 2020 adalah pada peran jenis penggunaan lahan yang menyimpan stok karbon. Pada tahun 2020 terjadi penurunan luas penggunaan lahan hutan tanaman dan terjadi pertumbuhan kawasan permukiman berkepadatan sedang dan rendah. Hal ini menyebabkan stok karbon di jenis penggunaan lahan hutan tanaman dengan kode 140 mengalami penurunan sebesar 17% menjadi 94.339,2 Ton. Sedangkan stok karbon yang disimpan oleh jenis penggunaan lahan permukiman berkepadatan sedang dan rendah mengalami peningkatan sebesar 18,8% dan 18,7%.

Tabel 7. Perubahan Total Stok Karbon Tahun 2020 di Kota Surabaya

Kelas	Jenis Penggunaan Lahan	Konversi Lahan Kalkulator GRK	Perubahan Total Stok Karbon (Ton)	(%)
111	Permukiman berkepadatan tinggi	Hutan tanaman	0	0
112	Permukiman berkepadatan sedang	Hutan tanaman	9951	13,97
113	Permukiman berkepadatan rendah	Hutan tanaman	16706	23,34
120	Industrial, komersial, unit transportasi	Industrial, komersial, unit transportasi	0	0
130	Lahan terbangun	Lahan terbangun	1019	30,50
140	Hutan tanaman	Hutan tanaman	-16683	-15,03
200	Sawah	Sawah	-3929	-16,94
310	Hutan Mangrove sekunder	Hutan tanaman	167	-5,59
320	Rawa	Rawa	0	0
330	Lahan terbuka	Lahan terbuka	254	250,46
510	Tubuh air	Tubuh air	0	0
520	Pantai	Pantai	0	0

Perubahan total karbon di Kota Surabaya dipengaruhi oleh perubahan volume karbon yang ditampung oleh setiap jenis penggunaan lahan. Berdasarkan tabel diatas, jenis penggunaan lahan yang memiliki peningkatan tertinggi volume total stok karbon adalah permukiman berkepadatan rendah, karena bertambah 16.539,2 Ton (18,7%) pada kurun tahun 2000-2020. Sementara jenis penggunaan lahan yang memiliki penurunan tertinggi volume total stok karbon

adalah Hutan Tanaman, karena berkurang 16.689,2 Ton (-17,7%) pada kurun waktu yang sama.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa didapatkan bahwa nilai stok karbon di Kota Surabaya meningkat dari tahun 2000 hingga 2020 sebesar 12.890 Ton atau sekitar 4,35%. Total stok karbon di tahun 2000 sebesar 283.433,5 Ton dan nilai stok karbon di tahun 2020 sebesar 296.323,5 Ton. Sementara itu, persentase perubahan penggunaan lahan dalam rentang waktu 2000-2020 sebesar 0,97%. Persentase perubahan penggunaan lahan yang diasumsikan tumbuh dan berpotensi mengurangi nilai stok karbon adalah kelas lahan permukiman berkepadatan tinggi, permukiman berkepadatan sedang dan rendah, dan lahan terbangun. Sedangkan persentase perubahan penggunaan lahan yang diasumsikan menurun adalah hutan tanaman, sawah, dan rawa.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota ITS yang telah memberikan hibah atau bantuan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini melalui skema Penelitian Dana DIPA Tahun 2015.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Solomon, D. Qin and M. Manning, "Climate Change 2007 The Physical Science Basis," Cambridge University Press, 2007.
- [2] G. A. Meehl, F. Zwiers, J. Evans, T. Knutson, L. Mearns and . P. Whetton, "Trends in Extreme Weather and Climate Events: Issues Related to Modeling Extremes in Projections of Future Climate Change," Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 81, no. 3, 2000.
- [3] M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. v. d. Linden and C. Hanson, "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability," Cambridge University Press, 2007.
- [4] S. Solomon, D. Qin, M. Manning, M. Marquis, K. Averyt, M. M. Tignor and H. L. Miller Jr, "Climate Change 2007: The Physical Science Basis," Cambridge University Press, New York, 2007.
- [5] I. Las, A. Pramudia, E. Runtuwun and P. Setyanto, "Antisipasi Perubahan Iklim dalam Mengamankan Produksi Beras Nasional," Jurnal, vol. 4, no. 1, pp. 76-86, 2011.
- [6] R. H. Fauzan, R. Saraswati and A. Wibowo, "Dampak Konversi Lahan Terhadap Daya Serap Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Studi Kasus Di Kota Tangerang Selatan," in Seminar Nasional Geomatika 2018: Penggunaan dan Pengembangan Produk Informasi Geospasial Mendukung Daya Saing Nasional, Bogor, Jawa Barat, 2018.
- [7] K. Agus, I. Santosa, P. S. Dewi, Setyanto and Y. C. S. Thamrin, "Pedoman Teknis Penghitungan Baseline Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Lahan: Buku I Landasan Ilmiah," Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Republik Indonesia, Jakarta, 2009.
- [8] B. P. S. (BPS), "Surabaya Dalam Angka 2012," Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, Surabaya, 2012.
- [9] S. Lubis, S. A. Hadi and S. Ismayadi, "Analisis Cadangan Karbon Pohon pada Lanskap Hutan Kota di DKI Jakarta (Tree Carbon Stock Analysis of Urban Forest Landscape in DKI Jakarta)," Jurnal Penelitian Sosial dan Kehutanan, vol. 10, no. 1, pp. 1-20, 2013.
- [10] D. N. P. I. (DNPI), "Jalan Menuju Pertumbuhan Hijau Indonesia," Konferensi Pers, Jakarta, 2010.
- [11] UNDP, "Human Development Report 2007/8: Fighting climate change - Human solidarity in a divided world.," UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, 2013.
- [12] M. Peichl and M. A. Arain, "Allometry and Partitioning of Above- and Belowground Tree Biomass in an Age-Sequence of White Pine Forests," Canada: Forest Ecology and Management, vol. 253, no. 1, pp. 68-80, 2007.
- [13] SS Karuru et al, "Carbon stock estimation on some land cover: secondary forest, agroforestry, palm oil plantation and paddy fields," in IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 637 012056, 2021.
- [14] S. M. Ayu, A. Rosdiyati and N. N. Nadjib, "Simpanan Karbon Tanah Pada Ekosistem Mangrove Kelurahan Songka Kota Palopo," Journal TABARO, vol. 4, no. 2, pp. 484-489, 2020
- [15] F. B. Aji and S. A. N. Febrianto, "Estimasi Stok Karbon Di Padang Lamun Pulau Nyamuk Dan Pulau Kemujan, Balai Taman Nasional Karimunjawa, Jepara," Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, vol. 12, no. 3, pp. 805-819, 2020.
- [16] D. Hermon, P. Iskarni, O. Oktorie and R. Wilis, "The Model of Land Cover Change into Settlement Area and Tin Mining and its Affecting Factors in Belitung Island, Indonesia," Journal of Environment and Earth Science, vol. 7, no. 6, pp. 2224-3216, 2017.