



ARAHAN PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN BERBASIS RENDAH EMISI KARBON DI HULU DAS JENEBERANG

(The Direction of Land Use Change Based Low Carbon Emission on Jeneberang Upper Watershed)

Adelia Juli Kardika^{1*}, Khilma Sufiana², Arief Rahman³, dan Humairo Aziza⁴

^{1,3,4} Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

Kampus Gunung Panjang Jl. Samratulangi Samarinda

² Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah IV Samarinda

Jl. Rapak Indah, Karang Asem Ulu, Loa Bakung, Sungai Kunjang, Samarinda

* E-mail: adeliajk@politaniisamarinda.ac.id

Diterima : 15 Oktober 2021

Direvisi : 30 Oktober 2021

Disetujui : 5 Nopember 2021

ABSTRACT

Jeneberang watershed is one of the watersheds in the MAMMINASATA area (Maros, Makassar, Sungguminasa and Takalar). The watershed, upstream, is now in a critical condition. This study aims to identify and map land use patterns, carbon stock emissions, both in the present condition and after rehabilitation condition. The data and information used in this research are Landsat 7 ETM+ in 2006 and 2010, the Jeneberang watershed boundary map, critical land map, forest area map, rainfall data, population data, and land capability class map. The method used is the interpretation of land use or land cover, biomass calculation, and analysis with REDD ABACUS. The results showed that land use was dominated by plantations and then followed by low density forest, agricultural dry land, rice fields, water bodies, plantation forests, vacant land, shrubs, settlements, high density forests, and savannas. The direction of land cover/land use that can increase carbon sequestration is the conversion of barren land, shrubs and savannas into plantation forests and agroforestry. Potential carbon stocks for plantations, dry land agriculture and rice fields will increase to 2.295.626,32 tons in 2026.

Kata kunci (Keywords): biomassa, carbon, emission, land cover, land use, REDD ABACUS.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global yang terjadi akhir-akhir ini disebabkan oleh terganggunya keseimbangan energi yang ada di atas permukaan bumi dan yang ada di atmosfer. Keseimbangan tersebut dipengaruhi antara lain oleh peningkatan gas-gas asam arang atau karbon dioksida

(CO₂), metana (CH₄) dan nitrogen oksida (N₂O) yang lebih dikenal dengan gas rumah kaca (GRK). Gas Rumah Kaca (GRK) adalah gas yang terkandung dalam atmosfer baik alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Saat ini konsentrasi GRK sudah mencapai tingkat yang

membahayakan iklim bumi dan keseimbangan ekosistem. Hasil perhitungan inventarisasi GRK Nasional yang tertuang dalam laporan inventarisasi gas rumah kaca (GRK) menunjukkan tingkat emisi GRK di tahun 2018 menjadi sebesar 1.637.156 Gg CO₂e atau meningkat sebesar 450.928 Gg CO₂e dibanding tingkat emisi tahun 2000 (Prihatno, et al., 2020).

Emisi sebagian besar diperoleh dari semakin meningkatnya karbon yang tidak diimbangi dengan peningkatan penyerapan karbon. Indonesia *Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050* akan meningkatkan ambisi pengurangan GRK dengan mencapai puncak emisi GRK nasional pada tahun 2030 dengan *net-sink* sebesar 540 MtonCO₂e pada tahun 2050 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Konsep yang dirancang untuk mengurangi emisi karbon dengan tetap mempertahankan ekonomi merupakan komitmen pembangunan rendah emisi karbon. Komitmen ini disamping menurunkan emisi karbon juga juga dibarengi dengan target untuk mempertahankan pertumbuhan ekonomi (Gumilang Dewi, Kobashi, Matsuoka, Ehara, Kainuma, & Fujino, 2010).

Perencanaan dan pengelolaan yang terpadu, dalam pemanfaatan lahan dan sumber daya Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat berlangsung secara optimal, jika rangkaian interaksi masyarakat dengan alam sekitar tetap dijaga kelestariannya. Bersamaan dengan pertumbuhannya pengelolaan DAS di kala ini sekitar 3.000 dari 16.597 DAS yang tersebar pada pulau-pulau besar di Indonesia seperti Sumatera, Kalimantan, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku dan Papua menghadapi kerusakan dan harus diperbaiki daya dukungnya (Kementerian Kehutanan, 2008). Hal ini terjadi karena tidak

seimbangnya fungsi dalam pemanfaatan DAS yang dipicu oleh rusaknya DAS karena semakin berkurangnya tutupan lahan yang bervegetasi permanen yang menjadi penyeimbang ekosistem DAS, akibat terjadinya pengalihan fungsi lahan yang kurang sesuai dengan kaidah ruang, akibatnya semakin banyaknya lahan-lahan kritis.

Lahan yang kritis berdampak pada sistem ekologi misalnya pencemaran air, tanah, udara, rusaknya keanekaragaman hayati serta serapan karbon dioksida (CO₂) berkurang karena vegetasinya juga berkurang, sehingga akibatnya GRK meningkat ke atmosfer dan mempengaruhi perubahan iklim. Kontribusi terbesar terhadap emisi GRK yaitu adanya alih fungsi lahan yang mengakibatkan emisi GRK sebesar 72% (Wibowo & Ruffie, 2008). Hal ini juga sejalan dengan data perubahan tutupan lahan dari *non cropland to cropland* dan dekomposisi gambut menyumbang emisi GRK masing-masing 16,61% dan 19,17% dari total emisi nasional (Prihatno, et al., 2020).

Penelitian ini ruang lingkup DAS adalah Hulu DAS Jeneberang dengan fokus area penelitian pada Sub DAS Lengkesse dan Sub DAS Malino. Sub DAS ini merupakan pemasok utama kebutuhan air bersih Kota Makassar dan Sungguminasa, pengendali banjir, penyedia air untuk persawahan, pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sebesar serta fungsi waduk Bili-bili sebagai objek wisata. Keberadaan DAS Jeneberang sangat penting, maka perlu dilakukan pengelolaan DAS yang baik dan terencana. Kabupaten Gowa merupakan daerah yang berdekatan dengan Kota Makassar, ibukota Provinsi Sulawesi Selatan dan termasuk kawasan MAMMINASATA (Makassar, Maros, Sungguminasa dan Takalar). Kawasan ini merupakan kawasan yang menjadi pusat aktivitas manusia dan



pengembangan industri ke depan, yang diduga akan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi (BPDAS Jeneberang Walanae, 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan penutupan/penggunaan lahan di hulu DAS Jeneberang, menghitung cadangan karbon penutupan/penggunaan lahan berupa hutan kerapatan tinggi, hutan kerapatan rendah dan hutan tanaman, dan melakukan simulasi arahan perubahan penutupan/penggunaan lahan berbasis rendah emisi karbon.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah *Global Positioning System* (GPS) Garmin 60CSx, kompas, hagameter, pita meter, tali rapia, *tally sheet*, kamera digital dan alat tulis menulis. Bahan yang digunakan antara lain citra landsat 7 ETM+ tahun 2006 dan tahun 2010, peta batas DAS Jeneberang, peta lahan kritis, peta kawasan hutan, data curah hujan, data kependudukan, dan peta kelas kemampuan lahan.

Analisis Data

Penelitian ini berbasis pemetaan dengan menggunakan metode survey dan pengukuran langsung. Analisis data dilakukan dengan analisis spasial yaitu teknik *overlay* (menumpang-tindihkan) lembar-lembar peta berdasarkan atribut-atribut yang ada. Penentuan sampel pengukuran cadangan karbon berdasarkan tingkat aksesibilitas dan keterenggan pada setiap plot pengamatan.

1. Perhitungan Biomassa

Perhitungan biomassa dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik berdasarkan zona iklim (Chave, et al., 2005) perhitungan emisi karbon menggunakan *software* REDD Abacus

SP, dengan rumus perhitungan biomassa sebagai berikut:

a) Untuk curah hujan basah (>4000 mm/tahun)

$$(AGB)_{exp} = \pi * \exp(-1,499 + 2,148 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$$

(Chave, et al., 2005)

Keterangan rumus :

$(AGB)_{exp}$ = Biomassa (kg/pohon)

D = Diameter pohon setinggi dada (cm)

π = BJ kayu (g/cm^3)

b) Untuk curah hujan humid/lembab (1500 - 4000 mm/tahun)

$$(AGB)_{exp} = \pi * \exp(-1,239 + 1,980 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$$

(Chave, et al., 2005)

Keterangan rumus :

$(AGB)_{exp}$ = Biomassa (kg/pohon)

D = Diameter pohon setinggi dada (cm)

π = BJ kayu (g/cm^3)

Perhitungan karbon dari biomassa, dengan rumus:

$$C_b = (AGB)_{exp} \times \%C \text{ organik}$$

(Badan Standarisasi Nasional, 2007)

Keterangan:

C_b : Kandungan karbon dari biomassa (kg/pohon)

$(AGB)_{exp}$: Total biomassa (kg)

$\%C$: Persentase kandungan karbon sebesar 0,46

2. Simulasi arahan perubahan penggunaan lahan berbasis rendah emisi karbon

Data yang digunakan untuk melakukan simulasi ini adalah berdasarkan pembagian zona yang didapat dari hasil *overlay* peta kawasan hutan dan peta penutupan lahan serta data cadangan karbon untuk setiap penggunaan lahan, kemudian setelah semua data telah siap selanjutnya dimasukkan ke dalam program REDD Abacus untuk membuat

simulasi arahan perubahan penggunaan lahan berbasis rendah emisi karbon. Adapun hal-hal yang dilakukan dalam simulasi arahan perubahan penggunaan lahan:

- a) Pembagian zona untuk simulasi perubahan penggunaan lahan berbasis rendah emisi karbon didapat dari hasil overlay peta kawasan hutan dan peta penggunaan lahan.
- b) Untuk arahan perubahan penutupan/penggunaan lahan didapat dari hasil overlay peta penutupan/penggunaan lahan tahun 2006, peta penutupan/penggunaan lahan tahun 2010, peta lahan kritis, peta kelas kemampuan lahan, dan peta kawasan hutan.
- c) Analisis peta penutupan/penggunaan lahan dengan peta lahan kritis untuk mengetahui kesesuaian pada masing-masing penutupan/penggunaan lahan.
- d) Setelah lahan kritis diketahui, dilanjutkan dengan menganalisis peta kemampuan lahan untuk melihat seberapa besar kemampuan lahan untuk ditumbuhi vegetasi pada lahan kritis tersebut.
- e) Dilanjutkan dengan membandingkan peta kemampuan lahan dengan peta penutupan/penggunaan lahan untuk mengetahui kesesuaian kemampuan lahan
- f) Hasil analisis antara peta penutupan/penggunaan lahan dan peta kemampuan lahan dapat memperlihatkan model pola penggunaan lahan yang sesuai.
- g) Membandingkan pola penggunaan lahan yang sudah ada dengan tingkat aksesibilitas

masyarakat.

- h) Hasil analisis inilah yang dapat digunakan untuk menentukan pola penggunaan lahan berbasis penyerapan karbon

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penutupan/Penggunaan Lahan di Hulu DAS Jeneberang Tahun 2006

Data luasan wilayah dan presentase penutupan/penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas dan presentase penutupan/penggunaan lahan tahun 2006 pada Hulu DAS Jeneberang

No	Penutupan/penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Presentase (%)
1	Hutan kerapatan tinggi*	141,82	0,37
2	Hutan kerapatan rendah*	8.794,32	22,87
3	Hutan tanaman*	1.430,64	3,72
4	Kebun**	12.890,58	33,53
5	Pemukiman**	518,73	1,35
6	Pertanian lahan kering**	4.794,89	12,47
7	Savana**	35,53	0,09
8	Sawah**	4.155,87	10,81
9	Semak belukar**	1.244,04	3,24
10	Tanah kosong**	1.516,37	3,94
11	Tubuh air**	2.915,02	7,58
	Jumlah	38.450,22	100,00

Keterangan : *Perhitungan Menggunakan Persamaan Alometrik Berdasarkan Zona Iklim

**Nilai Didasarkan Pada Data Hasil Penelitian (Harja, Sonya, Meine, Andree, & Arie, 2011)

Penutupan/penggunaan lahan hulu DAS Jeneberang tahun 2006 terdapat 11 tipe penutupan/penggunaan lahan pada wilayah hulu DAS Jeneberang. Kebun merupakan penutupan/penggunaan lahan yang paling dominan berdasarkan hasil perhitungan luas kebun mencapai 33,53% yakni sebesar 12890,58 ha dari luas penelitian. Penutupan/penggunaan lahan tahun 2006 didominasi oleh areal perkebunan, dimana areal ini jauh lebih besar luasannya dibandingkan dengan



penutupan/penggunaan lahan hutan kerapatan rendah dan hutan kerapatan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi masyarakat untuk memanfaatkan hutan cukup tinggi sehingga kelestarian hutan mulai terganggu. Selain kebun, pada wilayah tersebut didominasi penutupan/penggunaan lahan hutan kerapatan rendah dan pertanian lahan kering masing-masing dengan luas 8794,32 (22,87 %) dan 4794,89 (12,47 %).

Penutupan/Penggunaan Lahan di Hulu DAS Jeneberang Tahun 2010

Hulu DAS Jeneberang tahun 2010 terdapat 11 tipe penutupan/penggunaan lahan pada wilayah hulu DAS Jeneberang. Kebun merupakan penutupan/penggunaan lahan yang paling dominan berdasarkan hasil perhitungan kebun mencapai 33,27% yakni sebesar 12.791,08 ha dari luas penelitian. Selain kebun, pada wilayah tersebut didominasi penutupan/penggunaan lahan hutan kerapatan rendah dan pertanian lahan kering masing-masing dengan luas 8.794,32 ha (22,87%) dan 4.794,89 ha (12,47%). Selain penutupan/penggunaan lahan yang telah disebutkan, terdapat beberapa penutupan/penggunaan lahan lainnya. Data luasan wilayah dan presentase penutupan/penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Penutupan/penggunaan lahan kebun merupakan penutupan/penggunaan lahan yang paling dominan pada hulu DAS Jeneberang. Dimana terjadi penurunan luasan kebun dari 12.890,58 ha atau 33,53% pada tahun 2006 menjadi 12.791,08 ha atau 33,27% pada tahun 2010. Luasan kebun jauh lebih luas dibandingkan dengan luasan hutan kerapatan tinggi dan hutan kerapatan rendah. Pertumbuhan penduduk yang

terus meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat menjadi salah satu faktor terjadinya aktifitas tersebut.

Tabel 2. Luas dan presentase penutupan/penggunaan lahan tahun 2010 pada Hulu DAS Jeneberang

No	Penutupan/ penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Presentase (%)
1	Hutan kerapatan tinggi*	141,82	0,37
2	Hutan kerapatan rendah*	8.794,32	22,87
3	Hutan tanaman*	1.428,93	3,72
4	Kebun**	12.791,08	33,27
5	Pemukiman**	531,15	1,38
6	Pertanian lahan kering**	4.794,89	12,47
7	Savana**	35,26	0,09
8	Sawah**	4.152,89	10,80
9	Semak belukar**	1.240,84	3,23
10	Tanah kosong**	1.335,11	3,47
11	Tubuh air**	3.216,35	8,36
Jumlah		38.450,22	100,00

Keterangan : *Perhitungan Menggunakan Persamaan Alometrik Berdasarkan Zona Iklim
**Nilai Didasarkan Pada Data Hasil Penelitian (Harja, Sonya, Meine, Andree, & Arie, 2011)

Penutupan/penggunaan lahan pertanian lahan kering tidak mengalami perubahan yaitu tetap pada luasan 4.794,89 ha atau sekitar 12,47%. Sedangkan untuk hutan kerapatan tinggi luasannya tidak mengalami perubahan yaitu tetap pada luasan 141,82 ha atau sekitar 0,37%. Hutan kerapatan rendah juga tidak mengalami perubahan yaitu tetap pada luasan 8.794,32 ha atau sekitar 22,87%.

Areal pemukiman di hulu DAS Jeneberang mengalami perubahan luasan yang signifikan. Luas pemukiman pada tahun 2006 mencapai 518,73 ha atau 1,35%, sedangkan pada tahun 2010 meningkat menjadi 531,15 ha atau 1,38%. Pertumbuhan penduduk secara

pesat setiap tahunnya mendorong masyarakat sekitar untuk membangun areal pemukiman dengan memanfaatkan tanah kosong. Meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan meningkat pula kebutuhan masyarakat sehingga masyarakat akan memanfaatkan daerah yang bertopografi landai sebagai pertanian lahan kering.

Potensi Biomassa dan Cadangan Karbon Aktual

Biomassa merupakan jumlah total dari bahan organik hidup yang dinyatakan dalam berat kering oven per unit area (Brown, 1997). Selanjutnya, biomassa dapat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kegiatan pengelolaan hutan, karena hutan dapat dianggap sebagai sumber dan sink dari karbon (Jenkins, Chojnacky, Heath, & Birdsey, 2003). Potensi biomassa suatu hutan dipengaruhi oleh faktor iklim seperti curah hujan, umur tegakan, sejarah perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan.

Biomassa pohon dihitung dengan menggunakan persamaan alometrik berdasarkan zona iklimnya. Adapun hasil perhitungan biomassa pada Tabel 3.

Tabel 3. Biomassa di atas tanah

No	Hutan kerapatan tinggi (ton)	Hutan kerapatan rendah (ton)	Hutan tanaman (ton)
1	114,91	93,14	188,04
2	197,56	90,15	99,8
3	131,88	124,90	102,13
Total (ton)	444,36	308,20	389,97
Rata-rata (ton)	148,12	102,73	129,99

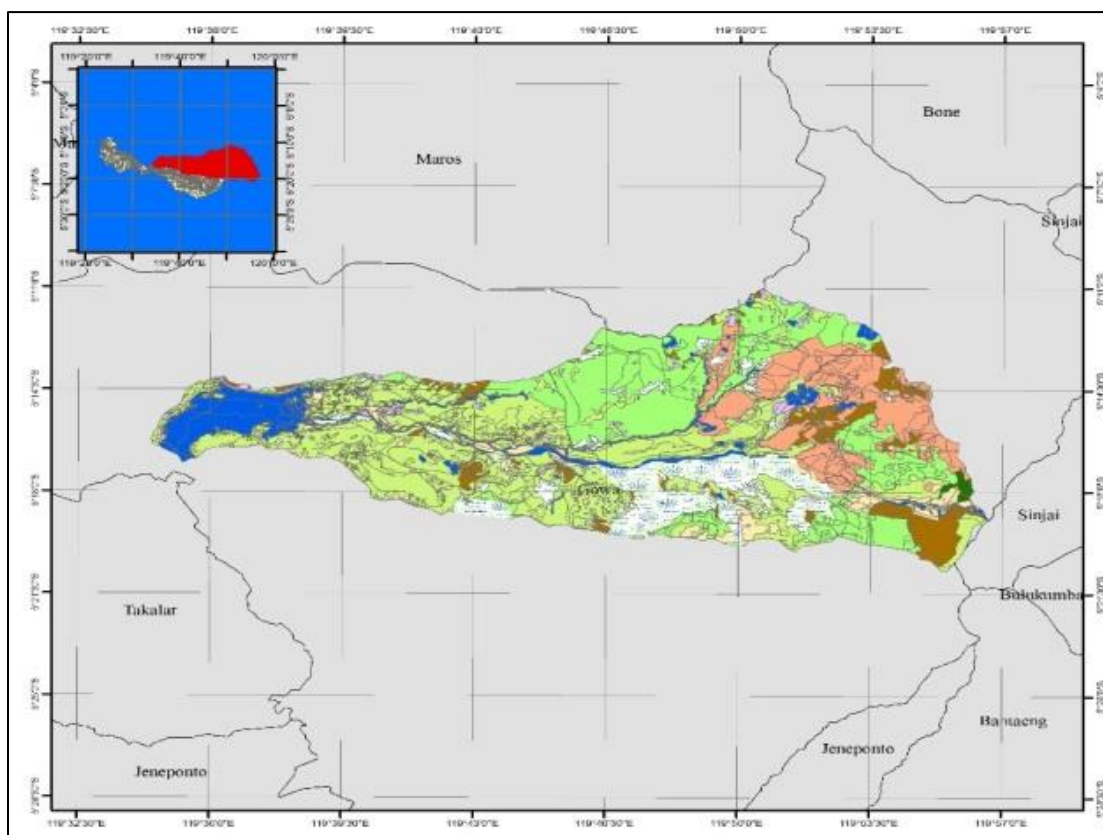
Sedangkan Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka dapat diketahui jumlah cadangan karbon dari berbagai jenis penutupan/penggunaan

lahan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Cadangan karbon aktual berbagai penutupan/ penggunaan lahan tahun 2010 (Sebelum Simulasi Rehabilitasi Lahan)

Jenis Penutupan /Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Cadangan Karbon (ton)	Total Cadangan Karbon (ton)
Hutan kerapatan tinggi*	141,82	148,12	21.006,39
Hutan kerapatan rendah*	8.794,32	102,73	903.440,49
Hutan tanaman*	1.428,93	129,99	185.746,61
Kebun**	12.791,08	63	805.838,04
Pemukiman**	531,15	4,14	2.198,96
Pertanian lahan kering**	4.794,89	9,5	45.551,46
Savana**	35,26	4,5	158,67
Sawah**	4.152,89	0,99	4.111,36
Semak belukar**	1.240,84	43	53.356,12
Tanah kosong**	1.335,11	3,35	4.472,62
Tubuh air**	3.216,35	0	0,00
Jumlah	38.450,22		2.025.880,72

Tabel 4 menunjukkan bahwa jenis penggunaan lahan hutan kerapatan rendah memiliki cadangan karbon terbesar pada yaitu 903.440,49 ton dibandingkan dengan hutan kerapatan tinggi, hutan tanaman, kebun, pemukiman, pertanian lahan kering, savana, sawah, semak belukar, dan tanah kosong. Tubuh air nilai cadangan karbonnya 0, hal ini disebabkan karena tidak ditumbuhi oleh vegetasi. Hutan kerapatan tinggi merupakan hutan alami yang belum dirambah berisi pohon-pohon besar berumur panjang, sehingga kemampuan dalam menyerap karbonnya cukup tinggi. Ini juga sesuai dengan yang dikatakan (Hairiah & Rahayu, 2007) bahwa hutan alami merupakan penyimpan karbon (C) tertinggi bila dibandingkan dengan penggunaan lahan pertanian. Disamping itu pohon yang



Gambar 1 Peta Simulasi Penutupan/ Penggunaan Lahan Hulu DAS Jeneberang

memiliki diameter besar mempunyai karbon tersimpan terbanyak (Millang, 2010). Oleh karena itu, hutan alami dengan keragaman jenis pepohonan berumur panjang dan seresah yang banyak merupakan gudang penyimpan C tertinggi. Bila hutan diubah fungsinya menjadi lahan-lahan pertanian atau perkebunan maka jumlah C tersimpan akan merosot. Jumlah C tersimpan antar lahan tersebut berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya, cara pengelolannya, umur tanaman, iklim, topografi, dan karakteristik lahan.

Simulasi Setelah Rehabilitasi Penutupan/Penggunaan Lahan

Simulasi rehabilitasi dilakukan pada penutupan/penggunaan lahan dengan

metode GIS yang dilakukan dengan *overlay* penutupan/penggunaan lahan tahun 2006, peta penutupan/penggunaan lahan tahun 2010, peta lahan kritis, peta kelas kemampuan lahan, dan peta kawasan hutan. Peta kemampuan lahan didasarkan pada klasifikasi kemampuan lahan dengan metode faktor penghambat. Dengan metode ini setiap kualitas lahan atau sifat-sifat lahan diurutkan dari yang terbaik sampai yang terburuk atau dari yang paling kecil hambatan atau ancamannya sampai yang terbesar.

Berdasarkan analisis dengan metode GIS dilakukan tabulasi perubahan penggunaan lahan berupa matriks perubahan penggunaan lahan. Simulasi pada zona areal penggunaan lahan, hutan produksi terbatas dan hutan produksi biasa ini akan diusahakan secara bertahap

diarahkan untuk memanfaatkan penggunaan lahan semak belukar, savana dan tanah kosong menjadi agroforestry, disamping mempertahankan penggunaan lahan yang lainnya. Adapun hasil analisis spasial arahan pemanfaatan lahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada zona hutan lindung dan kawasan konservasi diupayakan mempertahankan penggunaan lahan yang ada dan membangun hutan tanaman pada semak belukar, savana dan tanah kosong. Simulasi ini dilakukan dengan tetap memperhatikan kelas kemampuan lahan dan lahan kritisnya. Simulasi yang dipilih memperlihatkan adanya prioritas optimalisasi kawasan-kawasan tertentu untuk fungsi yang bersifat penyimpan karbon, dalam hal ini hutan lindung dan kawasan konservasi, sedangkan kawasan lain akan diprioritaskan untuk pengembangan kegiatan yang berorientasi pertumbuhan ekonomi wilayah secara umum.

Nilai cadangan karbon setelah rehabilitasi penutupan/penggunaan lahan

Hasil penaksiran cadangan karbon setelah rehabilitasi penutupan/penggunaan lahan ditunjukkan pada tabel 5. Kegiatan rehabilitasi lahan menjadi hutan tanaman dan agroforestry akan meningkatkan produktifitas hutan dan lahan terutama serapan karbon dengan tetap mempertahankan atau bahkan meningkatkan nilai ekonomi masyarakat Hulu DAS Jeneberang

Tabel 5. Penaksiran cadangan karbon setelah rehabilitasi penutupan/penggunaan pada hulu DAS Jeneberang

Jenis Penutupan /Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Cadangan Karbon (ton)	Total Cadangan Karbon (ton)
Hutan kerapatan tinggi*	141,82	148,12	21.006,39
Hutan kerapatan rendah*	8.794,32	102,73	903.440,49

Hutan Tanaman*	2.405,88	129,99	312.740,23
Kebun**	12.791,08	63	80.5837,96
Pemukiman**	531,15	4.14	2.198,96
Pertanian Lahan Kering**	4.794,89	9.50	45.551,46
Sawah**	4.152,89	0,99	4.111,37
Agroforestry**	1632,02	123	200.738,40
Tubuh Air**	3.216,35	0	0,00
Jumlah	38.450,22		2.295.625,32

Keterangan: *Perhitungan menggunakan persamaan alometrik berdasarkan zona iklim
**Nilai didasarkan pada data hasil penelitian Harja,dkk. (2012)

Nilai Estimasi Emisi Sebelum Rehabilitasi Penutupan/Penggunaan Lahan

Skenario perubahan penggunaan lahan akan memberikan proyeksi emisi di masa yang akan datang. Proyeksi emisi yang dihasilkan dijadikan acuan jumlah emisi dalam jangka waktu tertentu dihitung dari emisi akibat perubahan Penutupan/penggunaan lahan. Kontribusi masing-masing zona alokasi ruang terhadap tingkat emisi menunjukkan pola yang berbeda-beda. Besarnya emisi sebelum dilakukan simulasi penutupan/penggunaan lahan ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan terus meningkatnya besar emisi yang dihasilkan 16 tahun yang akan datang akibat terjadinya perubahan luasan penutupan/penggunaan lahan, mulai dari 3,63721 (ton CO₂-eq/(ha.tahun)) pada tahun 2006-2010 terus meningkat menjadi 6,93402 (ton CO₂-eq/(ha.tahun)) pada tahun 2023-2026. Besarnya emisi yang dihasilkan menunjukkan bahwa perubahan penutupan/penggunaan lahan yang terjadi akibat pengalihan fungsi hutan tidak dibarengi dengan adanya upaya rehabilitasi mengakibatkan jumlah



Tabel 6. Estimasi emisi sebelum dilakukan simulasi penutupan/penggunaan lahan

Iterasi Periode ->	Tahun				
	2006-2010	2011-2014	2015-2018	2019-2022	2023-2026
Emisi Per-Ha Area	4,18724	5,82891	6,51872	6,84953	7,04402
Emisi yang diperbolehkan Per-Ha Area	4,18724	5,82891	6,51872	6,84953	7,04402
Penyerapan Per-Ha Area	0,55003	0,44003	0,33002	0,22001	0,11001
Penyerapan yang diperbolehkan Per-Ha Area (ton CO ₂ -eq/(ha.thn)	0,55003	0,44003	0,33002	0,22001	0,11001
Emisi Bersih (ton CO ₂ -eq/(ha.thn)	3,63721	5,38889	6,1887	6,62951	6,93402

karbon yang berada di atmosfer semakin meningkat. Ini sesuai dengan yang penelitian (Hairiah & Rahayu, 2007), bahwa konsentrasi GRK di atmosfer meningkat sebagai akibat adanya pengelolaan lahan yang kurang tepat, antara lain adanya pembakaran vegetasi hutan dalam skala luas pada waktu yang bersamaan dan adanya pengeringan lahan gambut. Kegiatan-kegiatan tersebut umumnya dilakukan pada awal alih penutupan/penggunaan lahan hutan menjadi lahan pertanian. Kebakaran

Penutupan/ penggunaan lahan yang digunakan adalah penutupan/penggunaan lahan yang telah diarahkan untuk meningkatkan serapan karbonnya yaitu peta penutupan/penggunaan lahan 2006 yang telah dioverlay dengan peta penutupan/penggunaan lahan 2010, peta kawasan hutan, peta kelas kemampuan lahan, dan peta lahan kritis. Adapun estimasi emisi setelah dilakukan simulasi disajikan pada tabel 7.

Setelah menghasilkan suatu arahan perubahan penggunaan lahan kemudian

Tabel 7. Estimasi emisi setelah dilakukan simulasi Penutupan/penggunaan lahan

Iterasi Periode ->	Tahun				
	2006-2010	2011-2014	2015-2018	2019-2022	2023-2026
Emisi Per-Ha Area	0,00	16,53	33,05	49,56	66,07
Emisi diperbolehkan Per-Ha Area	0,00	16,53	33,05	49,56	66,07
Penyerapan Per-Ha Area	5.263,12	5.287,46	5.311,26	5.334,55	5.357,33
Penyerapan yang diperbolehkan Per-Ha Area (ton CO ₂ -eq/(ha.tahun)	5.263,12	5.287,46	5.311,26	5.334,55	5.357,33
Emisi Bersih (ton CO ₂ -eq/(ha.year)					- 5.291,25

hutan dan lahan serta gangguan lahan lainnya telah menempatkan Indonesia dalam urutan ketiga negara penghasil emisi CO terbesar di dunia.

Nilai Estimasi Emisi Setelah Rehabilitasi Penutupan/Penggunaan Lahan

Penyusunan skenario dan simulasi untuk mengatasi ancaman tersebut.

dimasukkan ke dalam program REDD ABACUS yang kemudian melakukan skenario sebanyak 4 kali pengulangan atau skenario penggunaan lahan 16 tahun kedepannya. Berdasarkan Tabel 7 diketahui setelah dilakukannya simulasi, *net emission* atau emisi bersih yang dihasilkan adalah -5.291,25 (ton CO₂-eq/(ha.tahun)). Dari data tersebut diketahui bahwa pada 16 tahun yang akan

datang kawasan hulu DAS Jeneberang mampu meningkatkan penyerapan karbon 5.357.33 per-ha area atau dengan kata lain mampu mengurangi besarnya emisi yang ada di atmosfer. Adanya upaya perubahan penggunaan lahan menjadi hutan tanaman dan agroforestry memberikan dampak positif terhadap kemampuan dalam menyerap karbon disamping mempertahankan keberadaan hutan yang sudah ada.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penutupan/penggunaan lahan dalam wilayah Sub DAS Lengkese dan Sub DAS Malino tahun 2010 yang luasnya 38.450,22 Ha sebesar didominasi oleh Penutupan/penggunaan lahan kebun (33,27%) dan kemudian secara berturut-turut diikuti oleh hutan kerapatan rendah (22,87%), pertanian lahan kering (12,47%), sawah (10,80%), tubuh air (8,36%), hutan tanaman (3,72%), tanah kosong (3,47%), semak belukar (3,23%), pemukiman (1,38%), hutan kerapatan tinggi (0,37%), dan savana (0,09%). Sedangkan untuk simulasi arahan perubahan penutupan/penggunaan lahan berbasis rendah emisi karbon terdiri atas hutan kerapatan tinggi, hutan kerapatan rendah, hutan tanaman, pemukiman, kebun, pertanian lahan kering, agroforestry, sawah, dan tubuh air. Potensi cadangan karbon setelah rehabilitasi penutupan/penggunaan lahan adalah 2.295.625,32 ton.

Dalam rangka peningkatan serapan karbon pada hulu DAS Jeneberang khususnya dalam wilayah Sub DAS Lengkese dan Sub DAS Malino maka disarankan untuk melakukan perubahan penutupan/ penggunaan lahan dari semak belukar, tanah kosong, dan savana menjadi Penutupan/penggunaan lahan hutan tanaman dan agroforestry dengan tetap memperhatikan nilai manfaat

ekonomi bagi masyarakat hulu DAS Jeneberang. Perubahan Penutupan/ penggunaan lahan termaksud, selain dapat menahan laju degradasi lahan, juga akan meningkatkan simpanan karbon dan menurunkan emisi karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2007). *Kelas Penutupan Lahan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BPDAS Jeneberang Walanae. (2003). *Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Jeneberang Prov. Sulawesi Selatan*. Makassar: BPDAS Jeneberang Walanae.
- Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest A Primer. *Forestry Paper*, 10 - 13.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., et al. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 87-99.
- Gumilang Dewi, R., Kobashi, T., Matsuoka, Y., Ehara, T., Kainuma, M., & Fujino, J. (2010). *Low Carbon Society Scenario Toward 2050 Indonesia Energy Sector*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran 'karbon tersimpan' di berbagai macam penggunaan lahan*. Indonesia: World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw.
- Harja, D., Sonya, D., Meine, V., Andree, E., & Arie. (2011). *REDD Abacus*



SP-User Manual and Software.
Bogor : World Agroforestry
Centre-ICRAF, SEA Regional
Office.

Jenkins, C., Chojnacky, D., Heath, L., &
Birdsey, R. (2003). National-
scale Biomass Estimators for
United States Tree Specie. *Forest
Science*, 12 – 30.

Kementerian Kehutanan. (2008).
*Kerangka Kerja Pengelolaan
Daerah Aliran Sungai di
Indonesia: Amanah Instruksi
Presiden RI No. 5 Tahun 2008
tentang Fokus Program Ekonomi
Tahun 2008-2009.* Jakarta:
Kementerian Kehutanan
Republik Indonesia.

Kementerian Lingkungan Hidup dan
Kehutanan. (2021). *Indonesia
Long-Term Strategy for Low
Carbon and Climate Resilience
2050.* Jakarta: Kementerian
Lingkungan Hidup dan
Kehutanan.

Prihatno, J., Asaad , I., Budiharto ,
Ratnasari , Wibowo , H.,
Gunawan , W., et al. (2020).
*Laporan Inventarisasi Gas
Rumah Kaca (GRK) dan
Monitoring, Pelaporan,
Verifikasi (MPV) Tahun 2019.*
Jakarta: Kementerian
Lingkungan Hidup dan
Kehutanan.

Wibowo, A., & Rufi'ie. (2008). Peran
Sektor Kehutanan di Indonesia
dalam Perubahan Iklim. *Jurnal
Tekno Hutan*, 23-32.