



Artikel

**POTENSI SIMPANAN KARBON PADA BEBERAPA TUTUPAN LAHAN DI HUTAN  
KERANGAS LIANG ANGGANG, KALIMANTAN SELATAN**

***Carbon stock potential on various land covers in heath forest in Liang Anggang,  
South Kalimantan***

**Muhammad Abdul Qirom<sup>1\*</sup>, Tri Ani Windawati<sup>2</sup>, Kissinger<sup>2</sup>, Abdi Fithria<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Banjarbaru  
Jl. Ahmad Yani Km 28,7 Guntung Manggis, Landasan Ulin, Banjarbaru-Kalimantan Selatan 70721  
Telepon (0511) 470782

<sup>2</sup>Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat  
Loktabat Selatan, Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714  
Telepon (0511) 477229

\*Email: qirom\_litbanglhk@gmail.com

**ABSTRAK**

Hutan kerangas berperan sebagai penyimpan karbon dan air yang cukup besar. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi potensi simpanan karbon pada masing-masing komponen karbon di hutan kerangas di Hutan Lindung Liang Anggang. Pengumpulan data dilakukan pada enam tipe tutupan lahan yakni lahan pertanian, lahan kosong/pemukiman, belukar rawa, lahan gambut, dan hutan. Komponen karbon yang diukur antara lain: pohon, tumbuhan bawah, serasah, nekromasa, dan tanah. Plot pengukuran berukuran 40 x 100 m untuk pohon dan nekromasa berukuran > 30 cm, dan sub plot dengan ukuran 5 x 40 m untuk pohon berdiameter 5-30 cm sebanyak 5 plot pada masing-masing tipe penutupan lahan. Komponen tumbuhan bawah dan serasah menggunakan plot dengan ukuran 0,5 x 0,5 m. Pada komponen pohon, simpanan karbon dilakukan secara tidak langsung yakni penggunaan model alometrik sedangkan komponen yang lain dilakukan pengukuran langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen karbon tanah menyumbang potensi simpanan karbon terbesar (> 95%) terhadap total simpanan karbon pada seluruh tipe penutupan lahan, diikuti oleh serasah, tumbuhan bawah, nekromasa, dan pohon. Pola proporsi simpanan karbon pada tipe hutan ini mempunyai kemiripan dengan tipe hutan rawa gambut. Pada keseluruhan tipe penutupan, rerata potensi simpanan karbon sebesar  $285,01 \pm 48,78$  Mg/Ha. Pada tipe hutan kerangas, potensi simpanan karbon di belukar rawa mencapai 318,8 Mg/Ha dan terkecil di hutan kerangas sebesar 256,8 Mg/Ha. Simpanan karbon di lokasi ini mencapai  $2,99 \times 10^5$  ton karbon atau potensi penyerapan karbon mencapai  $1,10 \times 10^6$  CO<sub>2</sub>e. Besarnya simpanan karbon sangat berpotensi mendukung diversifikasi dan optimalisasi pemanfaatan lahan melalui skema perdagangan karbon.

Kata kunci: perdagangan, pertanian, proporsi, skema, tanah

**ABSTRACT**

Heath forest serves as a large carbon and water storage. This study aims to obtain information on carbon storage potential of each carbon component in heath forest in Liang Anggang Protection Forest. Data collection was carried out on six types of land cover, namely: agricultural land, barren land/settlement, scrub, peat soil, and forest. The carbon components were measured such as trees, undergrowth, litter, necromass, and soil. Measurement plots were established with size of 40 x 100 m for trees and necromasses > 30 cm in size, and sub-plots measuring 5 x 40 m for trees with a diameter of 5-30 cm as many as 5 plots for each type of land cover. The understory and litter components used a plot with size of 0.5 x 0.5 m. In tree pools, carbon stock was determined by indirect measured with allometric model, while the other was used by direct measurement. The results showed that carbon in the soil contributed the largest potential carbon storage (> 95%) of the total carbon storage in all

land cover types. The pattern of the proportion of carbon storage in this forest type was similar to the peat swamp forest type. On heat forest, carbon stock potential on scrub was 318.8 Mg/Ha and the potential of heat forest type was the lowest (256.8 Mg/Ha ). In total, the average carbon storage potential was  $285.01 \pm 48.78$  Mg/Ha. The carbon storage at this location reached  $2.99 \times 10^5$  tons of carbon, or equivalent to carbon absorption of  $1,10 \times 10^6$  CO<sub>2</sub>e ton CO<sub>2</sub>e. The large amount of carbon storage in heath forest in the study area has the potential to support diversification and optimization of land use through a carbon trading scheme.

Keywords: trade, agriculture, proportion, scheme, soil

---

## PENDAHULUAN

Hutan kerangas merupakan salah satu tipe hutan yang diklasifikasikan berdasarkan perbedaan karakteristik tanah. Berkaitan dengan faktor abiotiknya, hutan ini didominasi oleh lapisan pasir dan mempunyai karakteristik kesuburan yang rendah (Maimunah, Capilla, Armadiyanto, & Harrison, 2019). Jenis tanah di hutan kerangas termasuk tanah podzolik (Kenzo *et al.*, 2014; Miyamoto, Wagai, Aiba, & Nilus, 2016) dan mempunyai pH tanah yang rendah yaitu  $< 5$  (Miyamoto *et al.*, 2016). Pada kondisi alami, hutan kerangas tersusun oleh tegakan berkerapatan yang tinggi dengan luas bidang dasar yang rendah karena kerapatan tegakan didominasi oleh pohon-pohon berdiameter kecil (Kenzo *et al.*, 2014; Miyamoto *et al.*, 2016). Tipe hutan ini sangat rentan terhadap kerusakan dan jika hutan kerangas mengalami kerusakan/degradasi lahan, maka akan sulit dipulihkan, terlebih secara alami (Kissinger *et al.*, 2013). Hal ini dikarenakan pemulihan hutan setelah kerusakan dipengaruhi faktor-faktor antara lain tipe hutan, struktur vegetasi, tingkat dan intensitas gangguan, manajemen pengelolaan serta faktor biotik dan abiotik dari karakteristik hutan tersebut (Foster *et al.*, 2018).

Hutan kerangas di Kalimantan merupakan peralihan dari hutan rawa gambut di dataran rendah menuju hutan dipterocarpa di daerah perbukitan (Maimunah *et al.*, 2019). Hutan ini mempunyai keragaman jenis sangat rendah (Azizah, Kissinger, Nugroho, & Fauzi, 2020; Maimunah *et al.*, 2019). Kondisi ini juga didukung oleh penelitian Mirmanto (2014) terkait keragaman jenis pada beberapa tipe hutan di Kepulauan Natuna. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa komposisi jenis penyusun di hutan kerangas paling rendah dibandingkan dengan komposisi jenis pada tipe hutan gambut, hutan pegunungan, dan hutan kapur. Keragaman jenis di hutan kerangas kurang dari 50% dari komposisi jenis penyusun hutan pegunungan. Penelitian Onrizal *et al.* (2005) di Danau Sentarum, Kalimantan Barat memperoleh 14 jenis tumbuhan penyusun komposisi jenis pada tipe hutan ini. Keragaman jenis tersebut juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah seperti hasil penelitian Maimunah *et al.* (2019) yang dilakukan di Kalimantan Tengah. Karakteristik tersebut ditandai dengan perbedaan warna tanah di tipe hutan ini.

Warna lapisan tanah hitam mempunyai komposisi jenis yang lebih beragam dibandingkan dengan warna lapisan tanah putih.

Umumnya status hutan kerangas di Indonesia ditetapkan sebagai kawasan lindung seperti yang terdapat di Kalimantan Selatan. Tipe hutan ini ditetapkan sebagai kawasan lindung sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Banjarbaru (Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Banjarbaru Tahun 2014 - 2034, 2014). Berdasarkan Perda tersebut, luas kawasan lindung Kota Banjarbaru seluas 2.056,99 hektar dan terbagi menjadi dua blok. Blok 1 seluas 960 Ha terletak di Kecamatan Liang Anggang dan sisanya sebagai Blok 2. Fungsi utama dari kawasan ini adalah sebagai daerah resapan air. Hasil studi Kissinger *et al.* (2013) menunjukkan pemanfaatan jenis tumbuhan pada hutan kerangas sangat beragam antara lain: potensi sebagai bahan obat, kayu bangunan, kayu bahan bakar, tanaman hias, sumber pangan, dan kepentingan religius. Studi etnobotani oleh Sari, Kissinger, & Rudy (2019) menunjukkan bahwa 50% penyusun jenis di hutan kerangas berpotensi sebagai tumbuhan obat. Hal ini menunjukkan bahwa hutan kerangas dapat menunjang mata pencaharian masyarakat. Namun demikian, fakta di lapangan menunjukkan bahwa kawasan ini sangat rawan terhadap kebakaran dan peruntukan lain yang tidak sesuai dengan fungsinya (Agustina, Fauzi, & Hafizianor, 2020).

Kondisi ini mendorong untuk optimalisasi pemanfaatannya sehingga hutan ini terjaga dan mampu memberikan manfaat yang besar untuk kesejahteraan masyarakat. Bentuk optimalisasi pemanfaatan tersebut berupa pemanfaatan hasil hutan bukan kayu dan jasa lingkungan. Berkaitan dengan hal tersebut, pemanfaatan kawasan sebagai penyerap dan penyimpan karbon dapat menjadi alternatif pengelolaan. Namun demikian, besarnya potensi penyimpanan karbon dari tipe hutan kerangas di Kalimantan Selatan belum diketahui terutama komponen karbon yang paling berkontribusi dalam penyerapan karbon. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi mengenai potensi simpanan karbon pada masing-masing komponen karbon hutan kerangas di Hutan Lindung Liang Anggang, Provinsi Kalimantan Selatan. Hasil penelitian ini dapat digunakan dalam penentuan *baseline* dan faktor emisi/serapan dari upaya pengelolaan lahan pada tipe hutan kerangas.

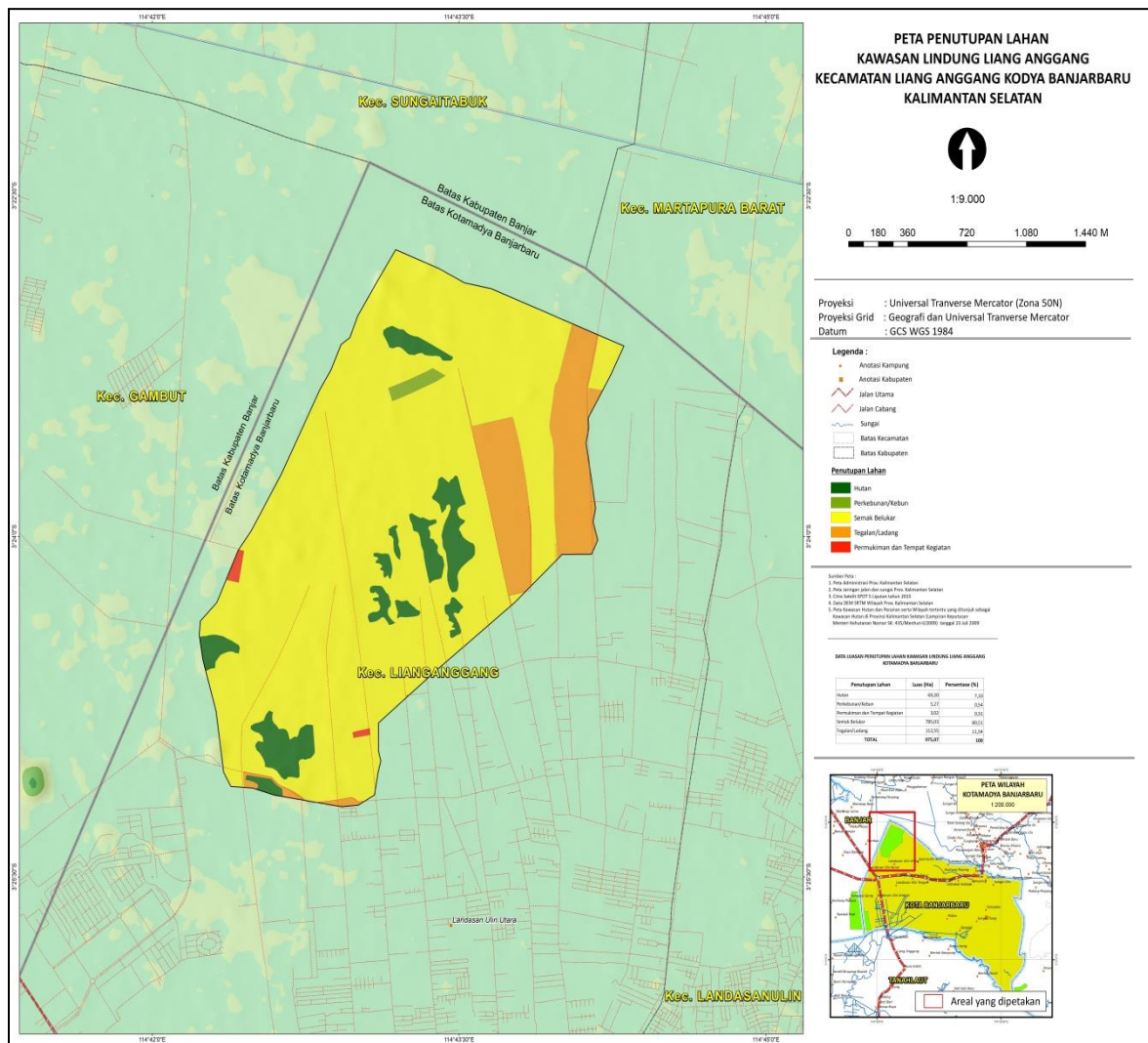
## **BAHAN DAN METODE**

### **Lokasi dan waktu penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Hutan Lindung Liang Anggang. Hutan ini terdiri dari beberapa penutupan lahan antara lain: lahan pertanian, lahan kosong, hutan kerangas,

pemukiman, dan semak belukar (Gambar 1). Hutan kerangas ini merupakan hutan yang setiap tahun terbakar sehingga permudaan yang ada hanya pada tingkat pancang. Lahan pertanian yang ada di sekitar kawasan hutan ini berupa lahan yang dikelola secara intensif. Jenis-jenis yang ditanam berupa sayuran (sawi, kangkung, daun bawang, dan seledri). Tipe penutupan belukar rawa merupakan penutupan lahan yang sudah mulai ditumbuhi jenis-jenis tumbuhan bawah dan liana setelah kebakaran dan belum dimanfaatkan/dikelola untuk tujuan pertanian atau tujuan lain.

Hutan tersebut terletak di Kecamatan Liang Anggang, Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Topografi kawasan ini memiliki ketinggian tempat 7 – 25 m, rata-rata curah hujan berkisar 1.600 – 3.500 mm/tahun, dan rata-rata temperatur sebesar 25 – 38°C dengan kelembaban udara mencapai 82%. Pengambilan data dan analisis laboratorium dilaksanakan dari bulan Desember 2015 sampai dengan Februari 2016.



Gambar 1. Peta Kawasan Lindung Liang Anggang di Blok 1.

## Bahan dan alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam tahap pengambilan data lapangan antara lain: pita ukur diameter, haga meter untuk pengukuran tinggi pohon, bor gambut *eijkel kamp*, timbangan, dan tali tambang. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Alat yang digunakan antara lain timbangan analitik dan oven. Oven ini digunakan untuk pengukuran kadar air untuk serasah, tumbuhan bawah, dan tanah gambut. Pengovenan dilakukan dengan suhu  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.

## Metode pengambilan data

Menurut Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu (2011) pengukuran cadangan karbon dilakukan pada ketiga komponen antara lain: bagian hidup/biomasa (pohon, tumbuhan bawah), bagian mati (nekromasa dan kayu mati), dan tanah. Masing-masing komponen tersebut memiliki cara yang berbeda-beda dalam teknik pengukurannya. Untuk pengukuran biomassa dan nekromasa menggunakan plot ukur berukuran 20 x 100 m dengan sub-plot berukuran 5 x 40 m. Subplot tersebut digunakan untuk pengukuran pohon dan nekromasa berdiameter kurang dari 30 cm, tumbuhan bawah dan serasah dengan plot berukuran 0,5 x 0,5 sebanyak 6 buah seperti Gambar 2 (Hairiah *et al.*, 2011).

Pengambilan data masing-masing komponen karbon, dimana untuk pohon, nekromasa dan kayu mati dilakukan pengukuran diameter, tinggi, dan jenis pohon yang dilakukan secara *non destructive*; untuk serasah dan tumbuhan bawah dilakukan secara *destructive*, yakni mengambil seluruhnya pada masing-masing sub plot dan dilakukan penimbangan di lapangan dalam kondisi basah. Pada komponen ini sebagian diambil sebagai sampel dengan berat  $\pm 200$  gram dan dilakukan pengovenan sampai kondisi kering. Penentuan biomasa/berat kering total menggunakan rumus:

$$\text{Totalbiomassa(gram)} = \frac{\text{BK sampel}}{\text{BB sampel}} \times \text{BBtotal} \dots\dots\dots 1 \text{ (Hairiah et al., 2011)}$$

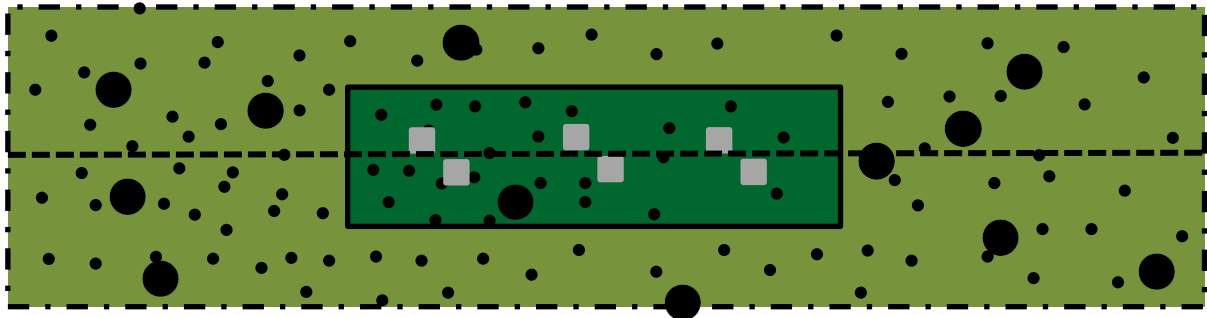
Keterangan: BB: berat basah (gram); BK: berat kering (gram)

Untuk pengukuran tanah, sampel tanah diambil menggunakan bor gambut *eijkel kamp*. Pengambilan sampel tanah ini dengan kedalaman setiap 50 cm, sehingga kedalaman tanah tersebut berada pada interval 0 – 50 cm; 50 – 100 cm; sampai dengan lapisan sub stratumnya. Pengambilan sampel tanah tersebut untuk mendapatkan berat total seperti persamaan 1 dan berat jenis/*bulk density* masing-masing lapisan sehingga potensi

simpanan karbon tanah secara keseluruhan dapat diperkirakan. *Bulk density* tersebut dirumuskan:

$$W = \frac{W_1}{W_2} \times W_3; BD = \frac{W}{V} \dots\dots\dots 2 \text{ (Hairiah et al., 2011)}$$

Keterangan: W<sub>1</sub>: berat basah total tanah setiap 50 cm pada kedalaman tertentu(gram); W<sub>2</sub>: berat basah sampel tanah pada kedalaman tertentu(gram); W<sub>3</sub>: berat kering sampel tanah (gram); W: berat kering total tanah pada kedalaman tertentu; BD: berat jenis/*bulk density* di kedalaman tertentu; V: volume peat auger *eijkel kamp* (500 cm<sup>3</sup>)



Keterangan:

-  : plot pengambilan serasah dan tumbuhan bawah dengan ukuran 0,5 m x 0,5 m;
-  : plot pengukur pohon, kayu mati dan nekromasa dengan diameter > 30 cm ukuran 20 x 100 m;
-  : plot pengukur pohon, kayu mati dan nekromasa berukuran 5 – 30 cm.

Gambar 2. Plot dan ukuran masing-masing komponen cadangan karbon (Hairiah et al., 2011).

### Pengolahan data

Perhitungan biomasa pohon berdasarkan persamaan alometrik yang telah ada terutama jenis-jenis di hutan rawa gambut. Persamaan alometrik bersifat umum untuk kelompok jenis ataupun bersifat spesifik (Tabel 1).

Tabel 1. Model alometrik penduga biomasa/volume pohon.

| No                               | Jenis                            | Model alometrik                 | Tempat tumbuh                   |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Manuri et al., (2014)            |                                  |                                 |                                 |
| 1.                               | Dipterocarpaceae                 | $\ln B = -2,155 + 2.562 \ln(D)$ | HRG Kalimantan dan Sumatera     |
| 2.                               | Non dipterocarpaceae:            | $\ln B = -1,888 + 2.437 \ln(D)$ | HRG Kalimantan dan Sumatera     |
| 3.                               | Kayu keras                       | $\ln B = -1,954 + 2.537 \ln(D)$ | HRG Kalimantan dan Sumatera     |
| 4.                               | Kayu ringan                      | $\ln B = -1,831 + 2.348 \ln(D)$ | HRG Kalimantan dan Sumatera     |
| Ketterings et al., (2001)        |                                  |                                 |                                 |
| 5.                               | Pohon bercabang                  | $B = 0,11 \rho D^{2,62}$        | Sebuhur, Kalimantan Selatan     |
| Qirom, Saleh, & Kuncahyo, (2012) |                                  |                                 |                                 |
| 6.                               | Akasia ( <i>Acacia mangium</i> ) | $\ln B = -3,14 + 2.84 \ln(D)$   | Inhutani II, Kalimantan Selatan |

Keterangan: V: volume (m<sup>3</sup>), D: diameter setinggi dada (cm), H: tinggi pohon (m), B: biomassa (kg),  $\rho$  ; berat jenis kayu (kg/m<sup>3</sup>), HRG: hutan rawa gambut.

Tabel 2. Kadar karbon masing-masing tipe penutupan lahan.

| No | Tipe lahan                 | Kadar nitrogen (%) | Kandungan karbon (C-organik:%) | Luas penggunaan lahan* |
|----|----------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1  | Lahan pertanian            | 0,93               | 23,7                           | 110,8                  |
| 2  | Perkebunan/kebun           | 0,93               | 23,7                           | 5,20                   |
| 3  | Hutan kerangas             | 0,67               | 20,8                           | 68,1                   |
| 4  | Lahan gambut               | 1,11               | 31,6                           | -                      |
| 5  | Semak belukar              | 0,78               | 20,1                           | 772,90                 |
| 6  | Pemukiman dan lahan kosong | 0,88               | 23,9                           | 2,97                   |

Sumber: Yuwati *et al.*, 2019; \* peta penggunaan lahan Provinsi Kalimantan Selatan.

Penentuan simpanan karbon menggunakan faktor konversi. Faktor konversi yang digunakan sebesar 46% (Hairiah *et al.*, 2011). Faktor konversi tersebut digunakan untuk mendapatkan besarnya simpanan karbon dari biomasa pohon, serasah, tumbuhan bawah, dan nekromasa. Penggunaan faktor konversi tersebut sesuai juga dengan hasil penelitian Qirom *et al.*, Rachmanadi (2018) bahwa besarnya faktor konversi tersebut mendekati 50% kecuali lapisan tanah gambut yang dekat dengan stratumnya. Hutan kerangas merupakan tipe hutan peralihan sehingga karakteristik tanahnya berbeda dengan tanah gambut atau mineral. Pertimbangan tersebut sebagai dasar dalam penentuan faktor konversi pada karbon tanah. Penentuan kadar karbon tanah ditentukan berdasarkan penelitian dari Yuwati *et al.* (2019). Kadar karbon pada masing-masing tipe penggunaan lahan berbeda-beda (Tabel 2).

Pendugaan simpanan karbon pada penutupan perkebunan ditentukan berdasarkan jumlah antara penutupan lahan kosong dan simpanan karbon di perkebunan sawit. Simpanan karbon ditentukan sebesar 14,3 ton/ha (Muhdi *et al.*, 2015).

### Rancangan perlakuan

Penelitian ini menggunakan variasi tipe penutupan lahan sebagai faktor atau perlakuan. Parameter pengukuran sebagai respon terhadap faktor tersebut adalah biomasa/simpanan karbon pada lima komponen karbon. Komponen karbon tersebut antara lain: vegetasi/pohon, tumbuhan bawah, serasah, nekromasa, dan tanah (bahan organik tanah).

### Analisis data

Analisis keragaman digunakan dalam penentuan faktor yang berpengaruh terhadap besarnya potensi biomasa/karbon pada masing-masing penutupan. Hipotesis yang diuji yakni besarnya simpanan biomasa/karbon dipengaruhi oleh tipe penggunaan lahan

dengan kaidah keputusan menerima  $H_0$  jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  dan menolak  $H_0$  jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  yang dirumuskan:

$$F_{hitung} = \frac{KT_p}{KT_s} \dots\dots\dots (3)$$

Hasil pengujian ini akan menentukan perlunya uji lanjut. Uji lanjut yang digunakan adalah Duncan Multi Range Test (DMRT). Uji ini dilakukan untuk menentukan faktor yang memberikan pengaruh berbeda/sama terhadap parameter yang diukur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Potensi biomasa dan simpanan karbon pada beberapa komponen

Besarnya potensi simpanan karbon berbeda-beda pada masing-masing sumber karbon (Tabel 3). Secara keseluruhan, karbon tanah mempunyai potensi simpanan karbon terbesar dan pohon mempunyai potensi simpanan karbon terkecil (Tabel 3). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa potensi biomassa dan karbon pada semua sumber karbon sangat dipengaruhi oleh tipe penutupan lahan yang ditunjukkan oleh nilai  $F_{hitung}$  lebih dari  $F_{tabel}$  dan nilai  $P_{value}$ -nya kurang dari 0,05 (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam potensi simpanan biomassa dan karbon pada beberapa komponen karbon.

| Sumber karbon  | Potensi biomassa (Mg/Ha) |        |              |             | Potensi simpanan karbon (Mg/Ha) |       |              |             |
|----------------|--------------------------|--------|--------------|-------------|---------------------------------|-------|--------------|-------------|
|                | Rerata                   | Stdev  | $F_{hitung}$ | $P_{value}$ | Rerata                          | Stdev | $F_{hitung}$ | $P_{value}$ |
| Tanah          | 1311,8*                  | 531,47 | 3,10         | 0,027       | 321,4**                         | 0,37  | 7,50         | 0,000       |
| Nekromasa      | 1,40**                   | 1,88   | 25,72        | 0,000       | 0,65**                          | 0,87  | 25,72        | 0,000       |
| Pohon          | 0,79**                   | 0,80   | 9,47         | 0,000       | 5,20**                          | 3,77  | 9,47         | 0,000       |
| Serasah        | 16,95**                  | 12,27  | 4,33         | 0,006       | 7,80**                          | 5,64  | 4,33         | 0,006       |
| Tumbuhan Bawah | 11,30**                  | 8,19   | 4,95         | 0,002       | 12,58**                         | 9,31  | 4,95         | 0,002       |
| Total          | 1342,22*                 | 538,26 | 3,15         | 0,025       | 335,45**                        | 15,34 | 7,60         | 0,000       |

Keterangan: \* berbeda nyata pada taraf 5%; \*\*: sangat berbeda nyata pada taraf 1%;  $F_{(0,025;5;29)} = 2,545$ ;  $F_{(0,025;5;29)} = 3,725$ .

Sumber : Pengolahan data primer.

Potensi simpanan karbon tergantung pada penutupan lahan (Tabel 4). Potensi simpanan karbon terkecil pada lahan terbuka. Urutan potensi simpanan karbon dari yang terkecil sampai dengan terbesar berdasarkan penutupan lahan, yakni lahan pertanian > hutan kerangas > lahan gambut > semak belukar > pemukiman > lahan terbuka (Tabel 4). Potensi simpanan karbon berbeda-beda untuk setiap penggunaan/penutupan lahan dan

komponen karbon. Perbedaan tersebut tidak selalu sama untuk setiap komponen karbon pada penutupan lahan berbeda (Tabel 5).

Tabel 4. Potensi simpanan karbon pada beberapa sumber karbon di penutupan lahan yang berbeda.

| Tipe penutupan lahan | Pohon     |      | Nekromasa |      | T. bawah  |      | Serasah   |      | Tanah     |      | Total     |      |
|----------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|                      | $\bar{x}$ | sd   | $\bar{x}$ | sd   | $\bar{x}$ | sd   | $\bar{x}$ | sd   | $\bar{x}$ | sd   | $\bar{x}$ | sd   |
| Hutan Kerangas       | 3,60      | 1,96 | 2,32      | 0,79 | 6,96      | 5,48 | 14,66     | 9,13 | 229,3     | 6,72 | 256,8     | 19,8 |
| Lahan pertanian      | 0,78      | 0,48 | 0,17      | 0,08 | 4,43      | 0,80 | 7,50      | 2,29 | 293,6     | 9,28 | 306,39    | 8,14 |
| Lahan Gambut         | 1,34      | 0,21 | 0,60      | 0,35 | 10,12     | 4,26 | 10,53     | 5,48 | 594,4     | 4,82 | 616,0     | 10,3 |
| Pemukiman            | 2,32      | 0,44 | 0,10      | 0,06 | 2,87      | 0,74 | 4,47      | 1,25 | 207,4     | 0,68 | 217,14    | 1,47 |
| Belukar rawa         | 0,53      | 0,57 | 0,61      | 0,33 | 4,40      | 1,00 | 6,22      | 0,97 | 307,1     | 4,52 | 318,8     | 5,05 |
| Lahan kosong         | 0,13      | 0,13 | 0,07      | 0,01 | 2,41      | 0,59 | 3,40      | 0,48 | 297,1     | 0,89 | 303,1     | 0,53 |

Keterangan  $\bar{x}$  : rerata; sd: standar deviasi

Sumber: Data diolah Girsang, 2018.

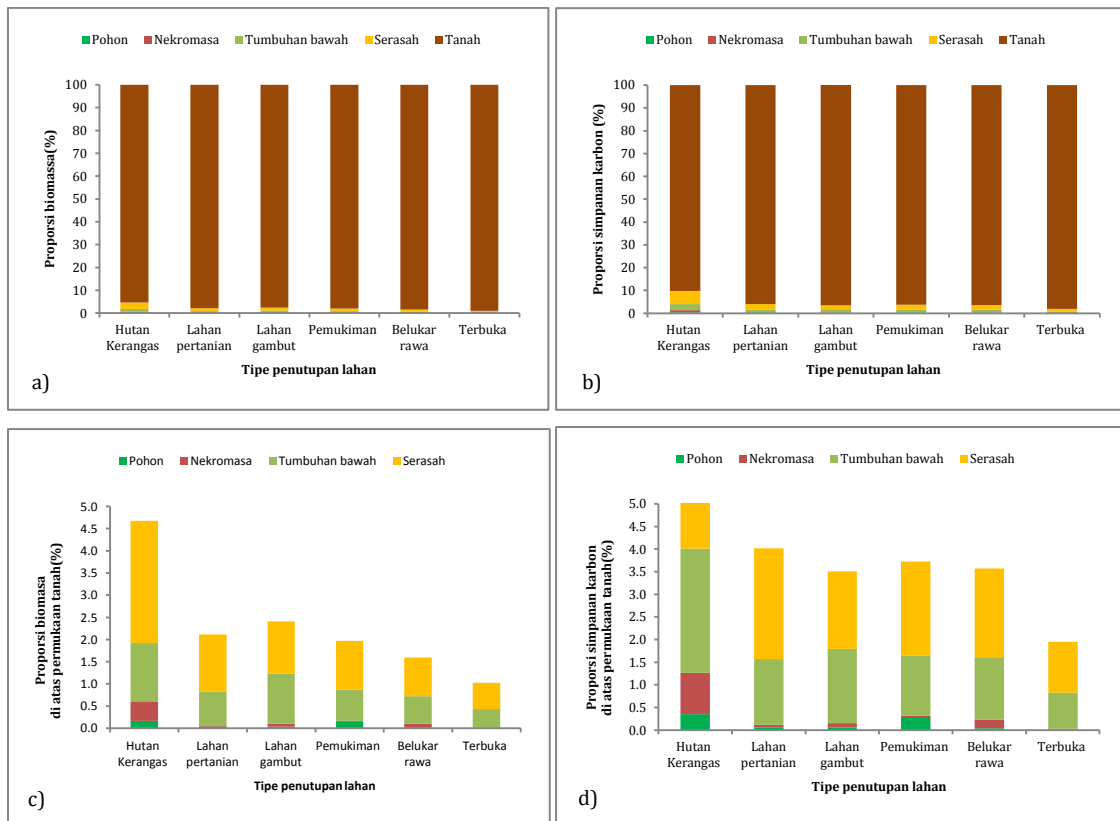
Tabel 5. Hasil uji Duncan simpanan karbon pada beberapa penutupan dan komponen karbon.

| Tipe penutupan lahan | Komponen karbon |           |          |         |        |        |
|----------------------|-----------------|-----------|----------|---------|--------|--------|
|                      | Pohon           | Nekromasa | T. bawah | Serasah | Tanah  | Total  |
| Hutan kerangas       | 3,60b           | 2,32 b    | 6,96b    | 14,66c  | 229,3a | 254,1a |
| Lahan pertanian      | 0,78a           | 0,17a     | 4,43ab   | 7,50ab  | 293,6a | 305,8a |
| Lahan gambut         | 1,34ab          | 0,60a     | 10,12c   | 10,53bc | 594,4b | 616,0b |
| Pemukiman            | 2,32ab          | 0,10a     | 2,87ab   | 4,47ab  | 207,4a | 215,4a |
| Belukar rawa         | 0,53a           | 0,61a     | 4,40ab   | 6,22ab  | 307,1a | 318,8a |
| Lahan kosong         | 0,13a           | 0,07a     | 2,41a    | 3,40a   | 297,1a | 303,1a |

Sumber: Analisis data.

### Proporsi biomassa dan simpanan karbon

Berdasarkan potensi biomasanya, tanah menyumbangkan lebih dari 95% terhadap simpanan biomasa totalnya sedangkan sumber karbon yang lain menyumbang kurang dari 5% pada keseluruhan penutupan lahan (Gambar 3a). Rata-rata proporsi simpanan biomassa untuk komponen karbon pohon, tumbuhan bawah, dan nekromasa kurang dari 1%, sedangkan proporsi simpanan karbon pada komponen karbon serasah mendekati 2% (Gambar 3c). Proporsi simpanan karbon dari yang terbesar sampai terkecil berturut yakni tanah>serasah>tumbuhan bawah>nekromasa>pohon.



Gambar 3. Proporsi: a) biomassa total; b) simpanan karbon; c) biomassa permukaan tanah; d) karbon permukaan tanah pada masing-masing komponen karbon di penutupan lahan yang berbeda

Proporsi simpanan karbon pada masing-masing penutupan lahan mempunyai proporsi yang sama. Pada seluruh tipe penutupan lahan hutan tumbuhan bawah dan serasah menyumbang simpanan karbon terbesar pada bagian atas permukaan (Gambar 3b dan 3d), sedangkan komponen karbon pohon tetap sebagai penyumbang simpanan karbon terkecil pada keseluruhan penutupan lahan (Gambar 3b).

### Pendugaan potensi simpanan karbon di hutan kerangas

Potensi simpanan karbon pada hutan kerangas di lokasi penelitian ini sangat besar (Tabel 6). Besarnya potensi tersebut sangat terkait dengan luas dan tipe penutupan lahan. Potensi simpanan karbon tersebut terkait dengan potensi simpanan per hektar dan luas masing-masing penutupan.

Tabel 6. Potensi penyimpanan karbon di hutan kerangas Liang Anggang.

| Tipe           | Potensi C<br>(Ton/Ha) | Potensi CO <sub>2</sub><br>(Ton/Ha) | Luas<br>(Ha) | Potensi C<br>(Ton) | Potensi CO <sub>2</sub><br>(Ton) |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|--------------------|----------------------------------|
| Hutan Kerangas | 254,1                 | 931,7                               | 68,1         | 17.304,21          | 63.448,77                        |
| Lahan petanian | 305,8                 | 1121,267                            | 110,8        | 33.882,64          | 124.236,35                       |
| Pemukiman      | 215,4                 | 789,8                               | 2,97         | 639,74             | 2.345,71                         |
| Belukar rawa   | 318,4                 | 1167,467                            | 772,9        | 246.091,36         | 902.334,99                       |
| Perkebunan     | 331,6                 | 1215,867                            | 5,2          | 1.724,32           | 6.322,51                         |
| Total          | 285,06                | 1045,22                             | 959,97       | 299.642,27         | 1.098.688,32                     |

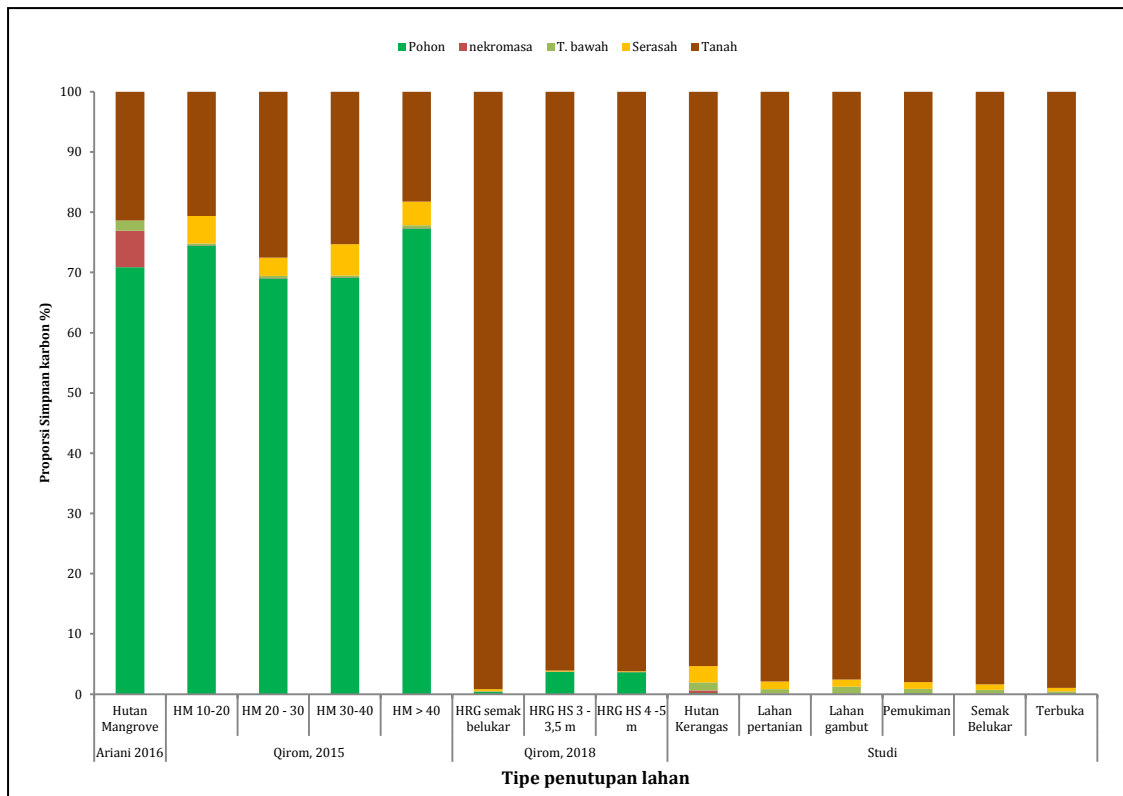
Sumber: Analisis data.

## Pembahasan

### Simpanan dan kandungan karbon

Besarnya biomassa/karbon berbeda-beda pada setiap komponen cadangan karbon. Kondisi ini terkait dengan tipe hutan berdasarkan karakteristik tanah seperti hutan mangrove (Ariani, Ruslan, Kurnain, & Kissinger, 2016), rawa gambut (Qirom *et al.*, 2018), dan mineral (Qirom, Lazuardi, & Kodir, 2015) (Gambar 4). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proporsi simpanan karbon pada seluruh tipe penggunaan lahan sangat tergantung pada komponen karbon. Tanah sebagai penyerap emisi karbon terbesar sehingga pengelolaan lahan tersebut harus dilakukan dengan meminimalkan emisi/kerusakan terhadap tanah. Kondisi ini juga terjadi pada tipe hutan rawa gambut. Tipe hutan rawa gambut mempunyai kecenderungan yang berbeda dibandingkan dengan tipe hutan mangrove dan hutan mineral/lahan kering. Pada tipe hutan ini, simpanan karbon terbesar pada komponen karbon tanah. Proporsi tersebut mencapai lebih dari 95% dengan kedalaman tanah > 3 meter (Qirom *et al.*, 2018). Hal ini dipengaruhi oleh besarnya kandungan karbon di lahan gambut yaitu  $\pm 50\%$  dan sebagai faktor konversi dari berat kering menjadi simpanan karbon (Rudiyanto, Minasny, & Setiawan, 2016).

Kondisi berbeda ditunjukkan pada simpanan karbon di hutan lahan kering dan mangrove. Penelitian Ariani *et al.* (2016) menunjukkan simpanan karbon terbesar pada komponen karbon pohon sebesar > 70% di hutan mangrove Kalimantan Selatan. Pada komponen tanah, proporsi simpanan karbonnya kurang dari 25% karena rata-rata kandungan karbon tanahnya kurang dari 1% (Ariani *et al.*, 2016). Kondisi yang sama juga terjadi di hutan lahan kering di Kotabaru Kalimantan Selatan. Proporsi terbesar pada komponen karbon pohon sebesar 72% dibandingkan dengan komponen karbon yang lain. Pada lokasi tersebut, komponen karbon tanah menyumbang sebesar 22% karena kandungan karbon di tanah mineral antara 1 sampai dengan 2% (Qirom *et al.*, 2015).



Gambar 4. Proporsi simpanan karbon pada hutan mangrove (Ariani *et al.*, 2016); HRG: hutan rawa gambut (Qiom *et al.*, 2018); dan HM: hutan mineral (Qiom *et al.*, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian Yuwati *et al.* (2019) kandungan karbon tanah pada masing-masing tipe penggunaan lahan berbeda-beda meskipun tanah tersebut diambil pada bentang lahan yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa kandungan karbon tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh tipe hutan tetapi juga pengolahan lahan tersebut sebagai implikasi dari penggunaan lahan yang berbeda (Haryati & Dariah, 2019). Berdasarkan Tabel 1. terlihat bahwa semak belukar dan hutan kerangas mempunyai kandungan karbon terendah. Hal ini disebabkan kedua lokasi tersebut sering terjadi kebakaran. Menurut Choiruddin, Donantho, & Hartanto, (2018) kebakaran lahan menyebabkan penurunan kandungan karbon tanah dan perubahan sifat kimia tanah yang lain. Pengaruh kebakaran terjadi pada simpanan karbon pohon. Simpanan karbon ini cenderung kecil yang dipengaruhi oleh tingkat kerapatan, dimensi pohon, luas bidang dasar, dan keragaman jenis (Kenzo *et al.*, 2014; Miyamoto *et al.*, 2007, 2016). Hal ini juga sama dengan hasil penelitian dari Hattori *et al.* (2019) di hutan kerangas di Serawak. Menurut Hattori *et al.* (2019) rata-rata simpanan karbon sebesar 9,10 ton/ha dan tidak dipengaruhi kondisi topografi. Besarnya simpanan karbon tersebut menunjukkan bahwa

kecepatan pemulihan di hutan kerangas sangat lambat. Kondisi berbeda terjadi di hutan kerangas di Kalimantan Tengah dengan kondisi tidak terbakar (Miyamoto *et al.*, 2007). Pada hutan ini, potensi simpanan karbon mencapai 200 ton/ha lebih. Hal ini dipengaruhi oleh kerapatan tinggi dan luas bidang dasar (LBDS/BA) yang besar (Miyamoto *et al.*, 2007). Miyamoto *et al.*, (2016) menyatakan bahwa tipe hutan kerangas mempunyai simpanan karbon lebih kecil dibandingkan dengan hutan campuran Dipterocarpaceae dan hutan aghatis karena LBDS yang lebih kecil meskipun kerapatannya tinggi. Kondisi ini juga terjadi pada lokasi lain di Serawak dengan kondisi tanah yang berbeda. Pada kondisi kesuburan yang rendah, simpanan karbon lebih kecil meskipun tingkat kerapatannya tinggi (Kenzo *et al.*, 2014).

### Implementasi pengelolaan pada kawasan hutan lindung Liang Anggang

Tabel 7. Potensi simpanan karbon sebelum dan setelah kebakaran serta kehilangan karbon pada beberapa penutupan lahan di Sumatera.

| Simpanan Karbon       | Komponen Karbon | Tipe Hutan  |               |                |               |
|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|---------------|
|                       |                 | HRG skunder | Semak belukar | Hutan sekunder | Hutan tanaman |
| Sebelum kebakaran     | Pohon           | 105,3       | 20            | 75,5           | 15,9          |
|                       | Tumbuhan bawah  | 0,1         | 1,7           | 0,1            | 3,5           |
|                       | Serasah         | 4,1         | 4             | 2,5            | 1,5           |
|                       | Nekromasa       | 12,3        | 18,3          | 41,2           | 6,6           |
|                       | Total           | 121,8       | 44            | 119,3          | 27,5          |
| Setelah kebakaran     | Pohon           | 3,4         | 17,9          | 68,7           | 0             |
|                       | Tumbuhan bawah  | 1,7         | 3,5           | 0,5            | ,1            |
|                       | Serasah         | 2,4         | 2,2           | 3,8            | 3,4           |
|                       | Nekromasa       | 20,1        | 7,1           | 9,8            | 3,6           |
|                       | Total           | 27,6        | 30,7          | 82,8           | 9,1           |
| Kehilangan karbon (%) | Pohon           | 97          | 11            | 9              | 100           |
|                       | Tumbuhan bawah  | -1600       | -106          | -400           | 40            |
|                       | Serasah         | 41          | 45            | 52             | 127           |
|                       | Nekromasa       | -63         | 61            | 76             | 45            |
|                       | Total           | 77          | 30            | 31             | 67            |

Sumber: Siahaan *et al.*, 2020

Kawasan hutan lindung ini sangat rawan terhadap kebakaran hutan dan lahan sehingga areal ini mempunyai penutupan lahan yang sangat bervariasi seperti sebagian besar semak belukar dan hutan kerangas muda. Kondisi ini menunjukkan areal ini mengalami degradasi lahan (Ifansyah & Junaidah, 2020). Kebakaran telah menyebabkan emisi karbon yang sangat besar (Page *et al.*, 2002). Penelitian Siahaan *et al.* (2020)

menyatakan bahwa kehilangan karbon akibat kebakaran berbeda-beda tergantung pada tipe hutan dan lahan. Pada masing-masing komponen karbon, kehilangan karbon tersebut sangat bervariasi dan pada komponen karbon tertentu mengalami kenaikan potensi karbon beberapa tahun setelah kebakaran. Secara total, kebakaran menyebabkan penurunan potensi karbon, dan kehilangan karbon terbesar pada tipe HRG sekunder (Tabel 7).

Kondisi ini mendorong pengelolaan kawasan ini agar mempunyai manfaat sesuai dengan statusnya dan terbebas dari kebakaran pada musim kemarau. Pengelolaan tersebut disesuaikan dengan karakteristik hutan kerangas sebagai penyimpan karbon yang besar. Karakteristik tersebut berkaitan dengan tanah di hutan kerangas yang menyimpan lebih dari 90% dari potensi simpanan karbon totalnya (Tabel 5 dan Gambar 3). Kebakaran di tanah gambut menyebabkan kehilangan gambut rata-rata lebih dari 50 cm untuk kebakaran HRG di Kalimantan Barat (Wiri, Astiani, & Fernando, 2017). Kondisi kebakaran tersebut menyebabkan kehilangan potensi biomassa sebesar 135,2 ton/ha atau 67,6 ton/ha simpanan karbonnya dengan faktor konversi biomassa sebesar 50% (Wiri *et al.*, 2017). Pada hutan ini, kebakaran harus dihindari atau melakukan pencegahan kebakaran sejak dini karena penutupan lahannya sebagian besar adalah semak belukar dan belum dikelola dan dimanfaatkan sehingga kawasan ini rawan terjadi kebakaran.

Bentuk pengelolaan lahan yang lain di kawasan ini yakni areal perladangan/pertanian (Agustina *et al.*, 2020; Ifansyah & Junaidah, 2020). Pengelolaan lahan gambut sebagai lahan pertanian yang tidak tepat menyebabkan *subsidence* yang cepat dan emisi karbon yang besar. Kondisi ini dapat dihindari dengan meminimalkan pembuatan kanal/saluran baru, menutup kanal yang tidak berfungsi, dan pengaturan hidrologi yang tepat (Agus, 2011). Usaha pencegahan emisi lain pada lahan pertanian yakni penerapan prinsip pengelolaan lahan tanpa bakar (PLTB). Menurut Yulianti & Adji, (2018) PLTB ini merupakan bagian dari pengelolaan lahan secara berkelanjutan dengan menghindari penggunaan api pada keseluruhan tahapannya. Hal ini akan menghindarkan lahan dari potensi *subsidence*, kehilangan cadangan karbon, dan mendukung upaya konservasi lahan (Yulianti & Adji, 2018). Upaya ini merupakan bentuk dukungan sektor pertanian terhadap mitigasi/perdagangan karbon. Menurut Agus, (2013) sektor pertanian berpotensi mendukung perdagangan karbon melalui mekanisme *voluntary carbon market*. Potensi tersebut melakukan aksi mitigasi berupa rehabilitasi lahan terlantar dan pengelolaan lahan gambut/bergambut secara berkelanjutan. Selain itu, penutupan lahan di areal ini yakni semak belukar sehingga optimalisasi pemanfaatan dan pencegahan kebakaran harus dilakukan pada tipe penutupan lahan ini.

Upaya optimalisasi lahan dapat dilakukan dengan diversifikasi produk hasil hutan bukan kayu sesuai dengan status lahan. Diversifikasi yang telah dilakukan antara lain pemanfaatan lahan sebagai lokasi budidaya madu kelulut, pemanfaatan untuk lahan peternakan, dan pengembangan tanaman buah-buahan (Ifansyah & Junaidah, 2020). Upaya tersebut mengurangi ekstensifikasi pembukaan lahan baru dan meminimumkan interaksi secara langsung terhadap tanah gambut.

### **KESIMPULAN**

Pada masing-masing komponen karbon, besarnya potensi simpanan karbon tergantung pada penutupan lahan. Potensi simpanan karbon pada tipe hutan kerangas mempunyai kemiripan dengan tipe hutan rawa gambut dan berbeda dengan pola pada tanah mineral. Simpanan karbon terbesar pada komponen karbon tanah dengan proporsi lebih dari 90% pada seluruh tipe penggunaan lahan. Pada kawasan ini, komponen pohon mempunyai proporsi simpanan karbon yang kecil. Pada hutan kerangas, simpanan karbon terkecil pada tipe penutupan hutan kerangas bekas terbakar sebesar 254,1 Mg/Ha dan potensi terbesar sebesar 318,8 Mg/Ha di penutupan belukar rawa.

### **SARAN**

Kawasan hutan lindung ini dalam kondisi terdegradasi yang ditunjukkan oleh simpanan karbon terkecil pada tipe hutan kerangas bekas terbakar. Peningkatan potensi simpanan karbon tersebut dapat dilakukan dengan revegetasi/penanaman pada areal bekas terbakar dengan jenis-jenis lokal. Pencegahan kebakaran harus dilakukan sehingga kehilangan karbon terutama karbon tanah dapat dihindarkan.

Kawasan hutan lindung Liang Anggang mempunyai potensi simpanan karbon yang besar karena statusnya sebagai kawasan lindung sangat memungkinkan pengelolaannya yang ditujukan sebagai penyerap karbon utama di Kota Banjarbaru dan sangat potensial sebagai Demplot REDD+ pada tipe hutan kerangas

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Selatan atas ijin dan fasilitasi dalam pelaksanaan kegiatan penelitian. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Arif Susianto yang telah membantu analisis penutupan lahan dan pembuatan peta di kawasan ini serta Susy Andriani, S.Hut., M.Sc. yang telah membantu dalam penyusunan abstrak tulisan ini.

### PERNYATAAN KONTRIBUSI

Muhammad Abdul Qirom, Tri Ani Windawati, Kissinger, dan Abdi Fithria sebagai kontributor utama dalam naskah ini. Penulis memberikan kontribusi yang sama pada tahap penyusunan metode, pengumpulan dan analisis data, dan penulisan naskah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. (2011). Environmental and sustainability issues of Indonesian Agricultural. *Jurnal Litbang*, 30(4), 140–147.
- Agus, F. (2013). Konservasi tanah dan karbon untuk mitigasi perubahan iklim mendukung keberlanjutan pembangunan pertanian. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 6(1), 23–33.
- Agustina, L. S., Fauzi, H., & Hafizianor. (2020). Pemetaan sosial dan identifikasi pengelolaan lahan oleh masyarakat di Kawasan Hutan Lindung Liang Anggang Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 03(2), 274–285.
- Ariani, E., Ruslan, M., Kurnain, A., & Kissinger. (2016). Analisis potensi simpanan karbon hutan mangrove di area PT. Indocement Tunggul Prakarsa, TBK P 12 Tarjun. *EnviroScientiae*, 12(3), 312–329.
- Azizah, S. A., Kissinger, Nugroho, Y., & Fauzi, H. (2020). Analisis vegetasi hutan kerangas di Arboretum Nyaru Menteng Kalimantan Tengah. *Serambi Engineering*, V(1), 861–867.
- Choiruddin, I., Donantho, D., & Hartanto, R. M. N. (2018). Pengaruh kebakaran lahan terhadap beberapa sifat kimia tanah. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 1(1), 11–15.
- Foster, C. N., Barton, P. S., MacGregor, C. I., Catford, J. A., Blanchard, W., & Lindenmayer, D. B. (2018). Effects of fire regime on plant species richness and composition differ among forest, woodland and heath vegetation. *Applied Vegetation Science*, 21(1), 132–143. [https://doi.org/https://doi.org/10.1111/avsc.12345](https://doi.org/10.1111/avsc.12345)
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., & Rahayu, S. (2011). *Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan* (Kedua). World Agroforestry Centre ICRAF.
- Haryati, U., & Dariah, A. (2019). Carbon emission and sequestration on tin mined land: A case study in Bangka Belitung Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 393(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/393/1/012097>
- Hattori, D., Kenzo, T., Shirahama, T., Harada, Y., Kendawang, J. J., Ninomiya, I., & Sakurai, K. (2019). Degradation of soil nutrients and slow recovery of biomass following shifting cultivation in the heath forests of Sarawak, Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 432(September 2018), 467–477. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.051>
- Ifansyah, N., & Junaidah. (2020). Pengelolaan lahan gambut di kawasan hutan Lindung Liang Anggang oleh Masyarakat Peduli Gambut (MPG) Sukamaju, Kalimantan Selatan. *Jurnal Galam*, 1(1), 1–14.

- Kenzo, T., Furutani, R., Hattori, D., Tanaka, S., Sakurai, K., Ninomiya, I., & Kendawang, J. J. (2014). Aboveground and belowground biomass in logged-over tropical rain forests under different soil conditions in Borneo. *Journal of Forest Research*, 20(1), 197–205. <https://doi.org/10.1007/s10310-014-0465-y>
- Ketterings, Q. M., Coe, R., Van Noordwijk, M., Ambagau, Y., & Palm, C. A. (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146(1–3), 199–209. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00460-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00460-6)
- Kissinger, Zuhud, E. a M., Darusman, L. K., & Siregar, I. Z. (2013). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Obat Dari Hutan Kerangas. *Jurnal Hutan Tropis Volume*, 1(1), 17–23.
- Maimunah, S., Capilla, B. R., Armadiyanto, & Harrison, M. E. (2019). Tree diversity and forest composition of a Bornean heath forest, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 270(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/270/1/012028>
- Manuri, S., Brack, C., Nugroho, N. P., Hergoualc'h, K., Novita, N., Dotzauer, H., Verchot, L., Putra, C. A. S., & Widyasari, E. (2014). Tree biomass equations for tropical peat swamp forest ecosystems in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 334, 241–253. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.031>
- Mirmanto, E. (2014). Komposisi Floristik dan Struktur Hutan di Pulau Natuna Besar , Kepulauan Natuna. *Jurnal Biologi Indonesia*, 10(2), 201–211.
- Miyamoto, K., Rahajoe, J. S., Kohyama, T., & Mirmanto, E. (2007). Forest structure and primary productivity in a Bornean heath forest. *Biotropica*, 39(1), 35–42. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00231.x>
- Miyamoto, K., Wagai, R., Aiba, S. ichiro, & Nilus, R. (2016). Variation in the aboveground stand structure and fine-root biomass of Bornean heath (kerangas) forests in relation to altitude and soil nitrogen availability. *Trees - Structure and Function*, 30(2), 385–394. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1210-7>
- Muhdi, Risnasari, I., Bayu, E. S., Hanafiah, D. S., Hutasoit, A., Sitanggang, G. N., & Silaban, D. S. (2015). Kuantifikasi biomassa perkebunan kelapa sawit di Langkat, Sumatera Utara. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(1), 17–20.
- Onrizal, Kusmana, C., Saharjo, B. H., Handayani, I. P., & Kato, T. (2005). Species composition and structure of ex-burned heath forest in Danau Sentarum National Park, West Kalimantan. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, 6(4), 263–265. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d060410>
- Page, S. E., Siegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H. V, Jaya, A., & Limin, S. (2002). *The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997*. 1999(1), 61–65. <https://doi.org/10.1038/nature01141.1>
- Qirom, M. A., Lazuardi, D., & Kodir, A. (2015). Keragaman jenis dan potensi simpanan karbon hutan sekunder di Kotabaru Kalimantan Selatan. *Indonesian Forest Rehabilitation*, 3(1), 49–66.

- Qirom, M. A., Saleh, M. B., & Kuncahyo, B. (2012). Evaluasi penggunaan beberapa metode penduga biomassa pada jenis *Acacia mangium* Wild. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 9(3), 251–263. <https://doi.org/10.20886/jphka.2012.9.3.251-263>
- Qirom, M. A., Yuwati, T. W., Santosa, P. B., Halwany, W., & Rachmadi, D. (2018). Potensi Simpanan Karbon pada beberapa Tipologi Hutan Rawa Gambut di Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu*, 12(2), 196–2011. <https://doi.org/10.1111/gcb.13051>
- Rudiyanto, Minasny, B., & Setiawan, B. I. (2016). Further results on comparison of methods for quantifying soil carbon in tropical peats. *Geoderma*, 269, 108–111. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.01.038>
- Sari, H. N., Kissinger, & Rudy, G. S. (2019). Komposisi dan sebaran tumbuhan berkhasiat obat berdasarkan tingkatan vegetasi di hutan kerangas Kabupaten Barito Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 02(3), 465–473.
- Siahaan, H., Kunarso, A., Sumadi, A., Purwanto, P., Rusolono, T., Tiryan, T., Sumantri, H., & Haasler, B. (2020). Carbon loss affected by fires on various forests and land types in South Sumatera. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 7(1), 15–25. <https://doi.org/10.20886/ijfr.2020.7.1.15-25>
- Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Banjarbaru Tahun 2014 - 2034, Pub. L. No. 13 Tahun 2014, 13 75 (2014).
- Wiri, Astiani, D., & Fernando, T. (2017). Kehilangan biomassa gambut akibat kebakaran hutan. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(3), 824–830.
- Yulianti, N., & Adj, F. F. (2018). *Mari Belajar Tentang Pengelolaan Lahan Tanpa Bakar (PLTB)*.
- Yuwati, T. W., Saidi, A., Rahmanadi, D., Qirom, M. A., Rusmana, & Fauzi, H. (2019). *Paludikultur di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah*.