

Pendugaan cadangan karbon coarse woody debris pada kelas tutupan hutan lahan kering sekunder dan semak belukar di KHDTK Hutan Diklat Loa Haur

Hamdani^{1,2}, Ali Suhardiman^{2*}, Karyati²

¹Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur Jl. Kesuma Bangsa, Samarinda, Kalimantan Timur

²Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman Jl. Ki Hajar Dewantara, Kelurahan Gunung Kelua, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur

*Email: suhardiman@fahun.unmul.ac.id

Artikel diterima : 01 Agustus 2023. Revisi diterima : 24 Januari 2024

ABSTRACT

The purpose of this study was to estimate carbon stocks of coarse woody debris (CWD) using Line Intersect Sampling (LIS) method compared to the common method that is Fixed Area Sampling (FAS). Two dominant land cover class (i.e. shrub and dryland secondary forest) was selected to represent Loa Haur Education Forest as our study area. The carbon stock of CWD estimation were then compared using a t-test to infer whether both estimation values were statistically different or otherwise. The results showed that the estimation of CWD carbon stocks using the LIS method in the shrub cover class was 6.61 tons/ha while in the secondary dryland forest cover class it was 10.04 tons/ha. Meanwhile, CWD carbon stocks using the FAS method in shrub cover amounted to 0.91 tons/ha and secondary dryland forest amounted to 8.55 tons/ha. The t-test showed that the LIS and FAS methods were different for estimating CWD carbon in the shrub cover class. Meanwhile, estimates for secondary dryland forest land cover classes show that the two methods are not statistically different.

Keyword: Coarse woody debris, line intersect sampling, fixed area sampling, Loa Haur Education Forest

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi cadangan karbon *coarse woody debris* (CWD) menggunakan metode transek atau LIS (*Line Intersect Sampling*) yang dibandingkan dengan metode paling umum dalam pendugaan variabel tegakan hutan yakni plot contoh dengan bentuk dan ukuran tertentu atau FAS (*Fixed Area Sampling*). Pendugaan karbon CWD dilakukan pada dua kelas tutupan lahan dominan di KHDTK Hutan Diklat Loa Haur sebagai lokasi penelitian. Dua tutupan lahan tersebut adalah hutan lahan kering sekunder dan semak belukar. Hasil pendugaan selanjutnya dibandingkan menggunakan Uji-t untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nilai pendugaan dari kedua metode. Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi cadangan karbon CWD menggunakan metode LIS pada kelas tutupan semak belukar sebesar 6,61 ton/ha sedangkan pada kelas tutupan hutan lahan kering sekunder sebesar 10,04 ton/ha. Sementara itu cadangan karbon CWD menggunakan metode FAS pada tutupan semak belukar sebesar 0,91 ton/ha dan hutan lahan kering sekunder sebesar 8,55 ton/ha. Uji-t menunjukkan bahwa metode LIS dan FAS berbeda untuk pendugaan karbon CWD pada kelas tutupan semak belukar. Sedangkan pendugaan untuk kelas tutupan lahan hutan lahan kering sekunder menunjukkan kedua metode tidak berbeda secara statistik.

Kata kunci: KHDTK Hutan Diklat Loa Haur, coarse woody debris, metode line intersect sampling dan fixed area sampling

PENDAHULUAN

Unsur karbon (C) dalam berbagai kombinasi senyawa kimia ditemukan di seluruh makhluk hidup yang ada di muka bumi ini. Oleh karena itu keberadaan karbon menjadi pembeda antara golongan senyawa organik dan nonorganik. Unsur karbon tidak hanya tersimpan di dalam makhluk hidup. Di bumi, karbon banyak tersimpan di bebatuan, sedimen dan laut. Sebagian lagi berada di atmosfer dalam bentuk senyawa karbon dioksida yang cukup kuat disebut sebagai pemicu terjadinya pemanasan global (NOAA, 2023). Manuri, dkk.

(2011) menyatakan bahwa sebagian besar massa karbon yang ada pada makhluk hidup terhimpun dan tersimpan di dalam hutan. Karbon pada tegakan hutan berada di jaringan kayu hidup (gubal) dan kulit kayu (Magel, dkk., 2000). Oleh karena itu hutan yang mengalami kerusakan akan melepaskan karbon ke atmosfer dan sebaliknya hutan yang berfungsi dengan baik akan menyerap karbon dari atmosfer. Proses ini berlangsung terus menerus membentuk apa yang disebut sebagai siklus karbon.

Secara alami, karbon terkumpul sebagai biomassa hidup ataupun biomassa yang telah mati. Proses dekomposisi biomassa yang telah mati pada akhirnya akan menyatu dengan tanah sehingga

karbon pun dapat dijumpai di dalam material pembentuk tanah. Biomassa hidup terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah. Biomassa hidup di atas permukaan tanah dapat berwujud batang, dahan, ranting dan daun-daun hijau. Sementara itu biomassa hidup di bawah permukaan tanah berupa jaringan perakaran yang menopang tumbuhan dan tanaman yang berada di atasnya. Biomassa yang telah mati dapat berupa pohon mati yang masih berdiri, kayu mati yang telah rebah dan serasah (daun dan ranting-ranting kecil). Kumpulan biomassa di atas diistilahkan dengan kolam karbon (*carbon pool*) dan menjadi obyek penelitian penting dalam kaitannya dengan pendugaan cadangan karbon untuk perhitungan emisi maupun penyerapan gas rumah kaca.

Pendugaan cadangan karbon hutan dapat dilakukan dengan metode langsung, pendugaan (estimasi) atau kombinasi keduanya (Thomas, dkk., 2020). Metode langsung atau *destructive method* dilakukan dengan cara memotong atau menebang pohon-pohon/vegetasi untuk kemudian ditimbang berat aktual termasuk kandungan airnya (berat basah). Sementara untuk metode pendugaan (*non destructive method*) dilakukan dengan cara mengukur dimensi pohon (diameter setinggi dada, tinggi pohon dan lain sebagainya) melalui kegiatan pengukuran lapangan. Karbon dari setiap pohon yang telah diukur selanjutnya dapat diduga menggunakan persamaan (formula matematika) yang terlebih dahulu dibuat dari analisis hubungan antara dua atau lebih variabel dimensi pohon contoh.

Nilai cadangan karbon dari pengukuran lapangan dianggap paling *reliable* untuk menyediakan data estimasi karbon. Hanya saja teknik ini dianggap tidak cukup efisien dan relatif mahal ketika diaplikasi pada areal hutan yang luas (Situmorang, dkk., 2016). Efisiensi dalam pengukuran karbon di hutan ditentukan salah satunya dari teknik penarikan contoh (*sampling design*) yang dipilih. Teknik penarikan contoh juga meliputi pemilihan bentuk dan ukuran plot contoh (*sample plot*). Menurut Salako, dkk., (2013), plot contoh berbentuk lingkaran memiliki keliling yang paling pendek dibanding bentuk lain seperti persegi panjang untuk luasan yang sama. Namun membuat plot contoh persegi panjang di lapangan jauh lebih mudah daripada membuat plot contoh lingkaran. Oleh karenanya, plot contoh persegi panjang relatif lebih banyak yang menggunakannya untuk

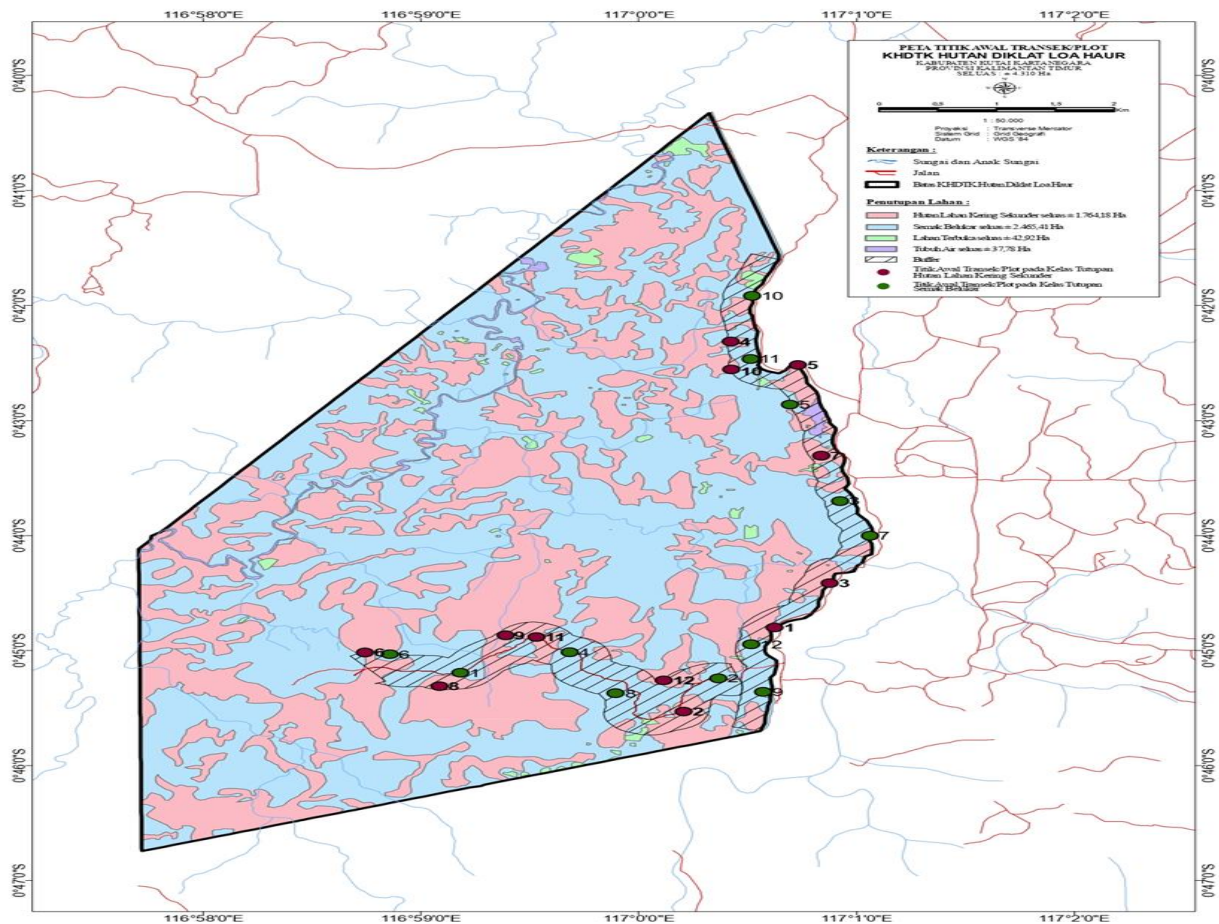
pengukuran lapangan termasuk pengukuran cadangan karbon hutan.

Selain menggunakan plot contoh, pendugaan cadangan karbon dapat dilakukan dengan metode pengukuran lapangan tanpa plot (*plotless*). Metode pengukuran tanpa plot ini menggunakan jalur pengamatan (transek) dengan panjang tertentu dan mencatat setiap perjumpaan obyek yang diamati dengan transek yang dibuat. Buckland, dkk. (2007) berpendapat bahwa metode pendugaan suatu populasi yang diamati (misal karbon serasah hutan) dengan menggunakan transek, akan melingkupi lebih banyak area daripada menggunakan plot contoh dengan ukuran dan bentuk tertentu (lingkaran atau persegi panjang). Dalam kaitannya dengan pendugaan karbon hutan dari sumber kayu mati (*coarse woody debris* yang disingkat CWD), penelitian ini membandingkan metode pengukuran lapangan menggunakan transek (selanjutnya disebut *line intersect sampling* atau disingkat LIS) dengan metode pendugaan cadangan karbon hutan yang umum yaitu menggunakan plot contoh berbentuk persegi panjang dengan luas tertentu atau metode *fixed-area sampling* (FAS).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Hutan Pendidikan dan Pelatihan (Diklat) Loa Haur yang berada di Tahura Bukit Soeharto. KHDTK Hutan Diklat Loa Haur secara geografis terletak pada 00°40'00"- 00°47'00" Lintang Selatan dan 116°07'00"-117°01'00" Bujur Timur. Secara administratif berada di Kecamatan Loa Janan dan Kecamatan Samboja Barat, Kabupaten Kutai Kartanegara. Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2022 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional Ibu Kota Nusantara Tahun 2022-2024, KHDTK Hutan Diklat Loa Haur menjadi bagian dari wilayah Ibu Kota Nusantara (IKN). Titik awal transek pengamatan diletakkan secara purposif mengikuti jalan tanah yang merupakan akses utama menuju KHDTK Hutan Diklat Loa Haur dari sisi timur. Untuk meningkatkan obyektivitas, titik awal transek diacak secara terbatas di dalam area yang dibentuk sejauh 200 meter kiri kanan jalan tanah (Gambar 1).



Gambar 1. Peta titik-titik awal transek pengamatan (LIS) dan plot contoh (FAS)

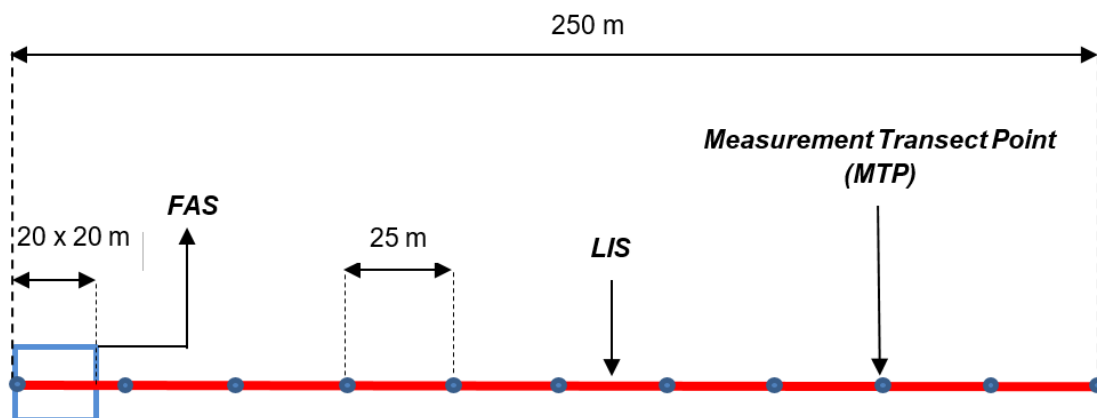
Metode Pengambilan Data

Bentuk dan panjang transek/plot contoh

Metode LIS diaplikasikan di lapangan dengan cara membuat rintisan garis lurus memanjang ke arah utara-selatan atau timur-barat dengan ukuran yang sama untuk kedua kelas tutupan hutan lahan kering sekunder maupun semak/belukar. Panjang transek/jalur pengamatan metode LIS adalah 250 meter. Di awal transek pengamatan, dibuat plot contoh berbentuk bujur sangkar (metode FAS) dengan ukuran 20 × 20 meter (0,04 ha).

Jumlah transek dan plot contoh

Penentuan titik awal transek pengamatan mempertimbangkan peta kelas penutupan lahan terbaru yang diperoleh dari pengelola KHDTK Hutan Diklat Loa Haur. Jumlah transek pengamatan untuk kelas tutupan hutan lahan kering sekunder dan semak/belukar masing-masing sebanyak 12 buah. Desain transek pengamatan dan plot sampel dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta tutupan lahan

Metode LIS

Setelah transek pengamatan selesai dibuat pada lokasi yang telah direncanakan (Gambar 1), selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi potongan CWD di lantai hutan yang posisinya berada atau memotong transek. Data yang dikumpulkan dari transek meliputi: (1) jenis CWD, (2) ukuran diameter CWD yang berdiameter ≥ 10 cm, (3) panjang potongan CWD, (4) sudut lancip (dalam satuan derajat) yang terbentuk antara transek dengan arah potongan CWD, serta (5) kelas pelapukan CWD.

Metode FAS

Pengukuran dengan metode FAS dilakukan terhadap bagian CWD yang masuk di dalam plot contoh berukuran 0,04 ha yang telah selesai dibuat batas-batasnya. Parameter yang di ukur dalam plot contoh adalah diameter pangkal, diameter ujung, dan panjang total CWD yang berdiameter ≥ 10 cm, serta jenis CWD dan kelas pelapukannya.

Analisis Data

Perhitungan biomassa dan karbon CWD dengan metode LIS

Data yang terkumpul dari pengukuran di sepanjang transek pengamatan kemudian diolah menjadi informasi biomassa dan karbon CWD. Untuk memperoleh informasi dimaksud, penelitian ini mengadopsi Marshall, dkk. (2000), Marshall, dkk. (2002) dan Marshall, dkk. (2003). Volume total CWD dihitung dengan formula berikut:

$$v_i = \frac{\pi^2}{8 \times L} \sum_{j=i}^{m_i} \frac{d_{ij}^2}{\lambda_{ij}}$$

Keterangan,

- v_i = Volume CWD pada transek ke-i (m^3/ha)
- m_i = Jumlah potongan yang memotong transek ke-i,
- d_{ij} = Diameter potongan ke-j pada transek ke-i pada titik perpotongan CWD dan transek (cm)
- λ_{ij} = Sudut dari horizontal (kelerengan) dalam derajat potongan ke-j pada transek ke-i, dan
- L = Panjang transek (m)
- π = Panjang transek (m)

Formula berikut digunakan untuk menghitung biomassa pada transek pengamatan (b_i). Mengacu pada SNI 7724:2011 maka nilai karbon ditaksir sebesar 47% dari nilai biomassa terhitung.

$$b_i = v_i \times RD$$

Keterangan:

- b_i = Total biomassa pada transek ke-i (kg/ha)
- v_i = Volume CWD pada transek ke-i (m^3/ha).
- RD = Kerapatan rata-rata relatif potongan CWD (kg/m^3)

Perhitungan biomassa dan karbon CWD dengan metode FAS

Data yang dikumpulkan di dalam plot contoh menggunakan metode FAS, diolah untuk mendapatkan informasi yang sama dengan metode LIS. Formula-formula yang digunakan dalam metode FAS sedikit berbeda dari formula pada metode LIS. Berikut formula-formula yang digunakan di dalam metode FAS.

$$V_{CWD} = 0,25 \times \pi \times \left(\frac{d_p + d_u}{2 \times 100} \right)^2 \times p$$

Keterangan:

- V_{CWD} = Volume CWD (m^3)
- d_p = Diameter pangkal CWD (cm)
- d_u = Diameter ujung CWD (cm)
- p = Panjang CWD (m)
- π = 3,141592654

Biomassa CWD dihitung menggunakan rumus berikut:

$$B_{CWD} = V_{CWD} \times BJ_{CWD}$$

Keterangan:

- B_{CWD} = Biomassa CWD (kg)
- V_{CWD} = Volume CWD (m^3)
- BJ_{CWD} = Berat jenis CWD (kg/m^3)

Nilai berat jenis CWD diduga dari penampakan tingkat pelapukannya di lapangan mengacu pada penelitian yang dilakukan Ekatarina, dkk. (2022). Sama dengan metode LIS, nilai karbon dihitung dari nilai dugaan biomassa CWD dikalikan dengan 0,47. Cadangan karbon total per ha dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{l_{plot}}$$

Keterangan:

- C_n = Kandungan karbon per ha pada masing-masing plot contoh (ton/ha)
- C_x = Kandungan karbon di plot contoh (kg)
- l_{plot} = Luas plot contoh (m^2)

Uji beda rata-rata dilakukan untuk membandingkan apakah metode LIS dan FAS memberikan hasil pendugaan karbon CWD yang sama atau berbeda. Untuk keperluan ini digunakan

Uji-t (t-test) karena diasumsikan data memiliki sebaran normal dengan jumlah data terbatas ($n < 30$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan KHDTK Hutan Diklat Loa Haur dimulai sejak terbitnya Surat Keputusan Direktur Jenderal Kehutanan Nomor: 100/Kpts/DJ/I/1979 tanggal 10 Juli 1979. Untuk saat ini, pengelolaan KHDTK Hutan Diklat Loa Haur dilakukan oleh Balai Diklat Lingkungan Hidup dan Kehutanan Samarinda yang merupakan unit pelaksana teknis Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Pada awalnya luas Hutan Diklat Loa Haur ± 12.500 ha. Seiring perubahan kebijakan, melalui Surat Keputusan Nomor: 8815/Kpts-II/2002 tanggal 24 September 2002, Kementerian Lingkungan Hidup

dan Kehutanan menetapkan luas KHDTK Hutan Diklat Loa Haur ± 4.310 ha yang berada di dalam areal Tahura Bukit Soeharto.

Cadangan Karbon CWD Menurut Metode dan Tutupan Lahan

Hasil perhitungan dan pengolahan data dengan menggunakan metode LIS diperoleh hasil pendugaan karbon CWD pada kelas tutupan semak belukar dan hutan lahan kering sekunder masing-masing sebesar 6,61 ton/ha dan 10,04 ton/ha (Tabel 1). Hasil pendugaan cadangan karbon CWD dengan metode LIS tersebut menggunakan asumsi bahwa keterenggan rata-rata transek pengamatan di lapangan adalah 20%. Metode FAS memberikan angka dugaan cadangan karbon CWD yang lebih kecil dibanding metode LIS.

Tabel 1. Nilai dugaan cadangan karbon CWD dari dua metode pada tutupan lahan yang berbeda

No.	Metode	Kelas tutupan	Jumlah Jenis	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton/ha)
1	FAS	Semak Belukar	30	1,94	0,91
2	FAS	Hutan Lahan Kering Sekunder	57	18,18	8,55
Jumlah			87	20,12	9,46
1	LIS	Semak Belukar	76	14,06	6,61
2	LIS	Hutan Lahan Kering Sekunder	117	21,37	10,04
Jumlah			193	35,43	16,65

Keterangan: FAS = fixed area sampling; LIS = line intercept sampling

Sebagai pembandingan terhadap hasil pendugaan di atas, tabel berikut memuat beberapa hasil penelitian yang juga menduga cadangan karbon CWD dari tumbuhan berkayu di beberapa lokasi lain pada beberapa kelas tutupan hutan. Umumnya penelitian menggunakan metode FAS. Hal ini menguatkan informasi bahwa metode transek atau LIS memang

tidak cukup lazim digunakan di Indonesia. Sementara dari nilai pendugaan karbon CWD atau nekromassa, nampak memiliki variasi yang tinggi seperti ditunjukkan oleh Darmawan, dkk. (2020). Variasi ini berhubungan dengan kondisi dan sejarah pengelolaan hutan.

Tabel 2. Hasil Penelitian Sebelumnya Perhitungan Cadangan Karbon Nekromassa Berkayu

No.	Tutupan lahan	Lokasi studi	Metode	Kategori	Rata-rata cadangan karbon (ton/ha)	Referensi
1	Semak Belukar	Samarinda	FAS	Nekromassa Berkayu	0,05 (n=6)	Azham (2015)
2	Semak Belukar	Kalimantan Timur	FAS	Kayu mati	39,89 (n=63) (CI : 0,15-159,39)	Darmawan, dkk. (2020)
3	Hutan Lahan Kering Sekunder	Samarinda	FAS	Nekromassa Berkayu	0,03 (n=11)	Azham (2015)
4	Hutan Lahan Kering Sekunder	Kalimantan Timur	FAS	Kayu mati	135,14 (n=116) (CI : 0,04-223,39)	Darmawan, dkk. (2020)
5	Hutan Lahan Kering Sekunder	Balikpapan	FAS	Nekromassa (pohon rebah)	35,75 (n=10)	Usmadi (2015)

Keterangan: FAS = fixed area sampling; CI = confidence interval 95%

Cadangan karbon nekromassa berkayu untuk kelas tutupan semak belukar berdasarkan data Ahzam (2015) untuk wilayah Samarinda hanya

sebesar 0,05 ton/ha, sedangkan penelitian Darmawan, dkk. (2020) menghasilkan nilai rata-rata cadangan karbon CWD untuk tutupan hutan semak belukar sebesar 39,89 ton/ha dengan kisaran

nilai berada pada angka 0,15-159,39 ton/ha. Sementara, untuk kelas tutupan hutan lahan kering sekunder berdasarkan data Ahzam (2015) di wilayah Samarinda diduga sebesar 0,33 ton/ha, sedangkan penelitian Darmawan, dkk. (2020) menghasilkan nilai rata-rata cadangan karbon CWD sebesar 29,95 ton/ha dengan kisaran nilai berada pada angka 0,04-223,36 ton/ha. Nilai dugaan CWD oleh Darmawan, dkk. (2020) termasuk didalamnya pohon berdiri mati dan kayu rebah. Usmadi (2015) mendapatkan hasil yang sedikit lebih kecil dibanding Darmawan, dkk. (2020) namun angka ini hanya mencakup pohon rebah saja. Dari tabel di atas nilai dugaan CWD di KHDTK Hutan Diklat Loa Haur baik menggunakan metode LIS maupun FAS masih dalam rentang penerimaan (*confidence interval*) 95%. Tabel di atas sekaligus menginformasikan bahwa variasi nilai dugaan CWD cukup tinggi di hutan lahan kering sekunder maupun semak belukar di Kalimantan Timur.

Apabila dikaitkan dengan perbedaan nilai dugaan karbon CWD antara metode LIS dan FAS, disebabkan oleh cara pengambilan dan pengukuran sampel yang berbeda serta penggunaan rumus perhitungan yang berbeda. Besar kecilnya sudut ($^{\circ}$) atau kemiringan potongan CWD terhadap bidang horizontal sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan volume CWD, hal tersebut berpengaruh juga terhadap nilai biomassa dan karbon. Semakin besar sudut ($^{\circ}$) potongan CWD

terhadap kelerengan dimana posisi potongan tergeletak maka akan semakin besar juga nilai volume per meter kubik yang akan dihasilkan. Tingginya potensi cadangan karbon pada metode transek disebabkan oleh adanya peluang atau probabilitas ditemukannya potongan CWD dalam jumlah yang lebih banyak bila dibandingkan dengan metode plot.

Uji Beda Rata-rata Metode LIS dan FAS

Perbandingan hasil dugaan karbon CWD metode FAS dengan metode LIS menggunakan Uji-t berpasangan (*t-Test: Paired Two Sample for Means*). Untuk masing-masing kelas tutupan lahan terdapat 12 pasangan data. Hipotesis null (H_0) dirumuskan sebagai “tidak ada perbedaan dugaan karbon CWD antara metode LIS dan FAS”, sedangkan Hipotesis alternatif (H_1) adalah “ada perbedaan dugaan karbon CWD antara metode LIS dan FAS”. Hipotesis null diterima manakala “nilai t-hitung berada di dalam kisaran nilai t-tabel pada selang kepercayaan 95%”. Sebaliknya hipotesis alternatif diterima manakala “nilai t-hitung berada di luar kisaran nilai t-tabel pada selang kepercayaan 95%”. Hasil Uji-t dari kedua metode untuk tutupan lahan berupa semak belukar disajikan pada Tabel 3, sedangkan untuk tutupan lahan hutan lahan kering sekunder ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Ringkasan parameter uji-t berpasangan untuk kelas tutupan Semak Belukar

Parameter Uji-t	FAS (Ton/Ha)	LIS (Ton/Ha)
Rataan (<i>Mean</i>)	0,0760	0,5504
Variansi (<i>Variance</i>)	0,0059	0,1951
Jumlah data (n)	12	12
Hipotesis perbedaan Rataan	0	
Derajat bebas	11	
t-hitung	-4,2940	
t-tabel (dua sisi)	-2,2010 ↔ 2,2010	

Berdasarkan hasil uji-t di atas diketahui bahwa nilai t-hitung sebesar -4,2940 berada di luar rentang t-tabel pada selang kepercayaan 95% yakni -2,2010 sampai 2,2010. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak atau dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara hasil

pendugaan karbon CWD antara metode LIS dan metode FAS. Perbedaan metode yang digunakan dalam menganalisa data menunjukkan perbedaan nilai potensi cadangan karbon CWD (ton/ha) yang cukup signifikan.

Tabel 4. Ringkasan parameter uji-t berpasangan untuk kelas tutupan Hutan Lahan Kering Sekunder

Parameter Uji-t	FAS (Ton/Ha)	LIS (Ton/Ha)
Rataan (<i>Mean</i>)	0,7122	0,8363
Variansi (<i>Variance</i>)	1,0218	0,2328
Jumlah data (n)	12	12
Hipotesis perbedaan Rataan	0	

Parameter Uji-t	FAS (Ton/Ha)	LIS (Ton/Ha)
Derajat bebas	11	
t-hitung	-0,3678	
t-tabel (dua sisi)	-2,2010 ↔ 2,2010	

Hasil menunjukkan bahwa nilai t-hitung pengujian sebesar -0,3678 dan berada di dalam rentang nilai t-tabel yakni -2,2010 sampai 2,2010. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis null (H_0) diterima atau dapat dikatakan bahwa tidak ada perbedaan nyata antara hasil pendugaan karbon CWD antara metode LIS dengan metode FAS untuk kelas tutupan hutan lahan kering sekunder. Perbedaan metode yang digunakan dalam menganalisa data tidak menunjukkan perbedaan nilai potensi cadangan karbon CWD (ton/ha) yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azham, Z. (2015). Estimasi cadangan karbon pada tutupan lahan hutan sekunder, semak dan belukar di Kota Samarinda. *Agrifor*, 14(2): 325-338
- Buckland, S.T., Borchers, D.L., Johnston, A., Henrys, P.A., Marques, T.A. (2007). Line Transect Methods for Plant Surveys. *Biometrics*, 63(4): 989-998
- Darmawan, I.W.S., Noor'an, R.F., Lestari, N.S., Wahyudi, A., Suprinato, A., Naibaho, Y., Arifanti, V.B., Lugina, M., Wicaksono, D. (2020). Cadangan karbon hutan Kalimantan Timur. IPB Press. Bogor
- Ekatarina S., Ekatarina, K., Kuznetsov, A., Kuznetsova, S., Lopez De Gerenyu, V., Kaganov, V., Kurganova, I. (2022). Coarse wood debris density and carbon concentration by decay classes in mixed montane wet tropical forest. *Biotropica*, 54(3): 635-644
- Magel, E., Einig, W., Hampp, R. (2000). Carbohydrates in trees. *Development in Crop Science*, 26, 317-336
- Manuri, S., Putra, C.A.S., Saputra, A.D. (2011). Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation – GIZ. Palembang. MRPP-GIZ.2011 x + 91 hlm; 18,2 cm x 25,7 cm ISBN: 978-602-99492-2-3.
- Marshall, P.L., Davis, G., LeMay, V.M. (2000). Using Line Intersect Sampling for Coarse Woody Debris. Research Section, Vancouver Forest Region, BC Ministry of Forests. Nanaimo, BC. Technical Report TR-003. 34 pp.
- Marshall, P.L., Davis, G. (2002). Measuring the Length of Coarse Woody Debris. Research Section, Vancouver Forest Region, BC Ministry of Forests, Nanaimo. Extension Note EN-011. 8 pp.
- Marshall, P. L., Davis, G., Taylor, S. W. (2003). Using Line Intersect Sampling for Coarse Woody Debris: Practitioners Questions Addressed. Research Section, Coast Forest Region, BC Ministry of Forests. Nanaimo, BC. Extension Note EN-012.
- NOAA. (2023). What is the carbon cycle? Tersedia di <https://oceanservice.noaa.gov/facts/carbon-cycle.html#transcript>. Di akses pada 22 Januari 2024
- Salako, V.K., Kakai, R.L.G., Assogbadjo, A.E., Fandohan, B., Houinato, M., Palm, R. 2013. Efficiency of inventory plot patterns in quantitative analysis of vegetation: a case study of tropical woodland and dense forest in Benin. *Southern Forests*, 75(3): 137-143. doi: <http://dx.doi.org/10.2989/20702620.2013.816232>
- Situmorang, J.P., Sugianto, S., Darusman, D. 2016. Estimation of Carbon Stock Stands using EVI and NDVI vegetation index in production forest of lembah Seulawah sub-district, Aceh Indonesia. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 5(3): 126-139
- Thomas, A. L., Kallenbach, R., Sauer, T. J., Brauer, D. K., Burner, D. M., Coggeshall, M. V., Dold, C., Rogers, W., Bardhan, S., Jose, S. (2020). Carbon and Nitrogen Accumulation within Four Black walnut Alley Cropping Sites across Missouri and Arkansas, USA. *Agroforest System*, 94: 1625–1638. doi:10.1007/s10457-019-00471-8
- Usmadi, D., Hidayat, S., Yuzammi, Y., Asikin, D. (2015). Potensi biomassa dan cadangan karbon Kebun Raya Balikpapan, Kalimantan Timur. *Buletin Kebun Raya*, 18(1): 1-14