

PENILAIAN KARBON TOTAL HUTAN PRODUKSI KOMODITAS PINUS BERBAGAI UMUR DI FORMASI GEOLOGI MERAWAN KAKI GUNUNG GUMITIR

ASSESSMENT OF TOTAL CARBON PRODUCTION FOREST OF PINE COMMODITIES OF VARIOUS AGES IN THE MERAWAN GEOLOGICAL FORMATION AT THE FOOT OF MOUNTAIN GUMITIR

*Basuki, Marga Mandala

Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: basuki@unej.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 03 Maret 2024

Direvisi: 18 Mei 2024

Disetujui: 10 Juli 2024

KEYWORDS:

Merawan formation, mount gumitir, pine, production forest, total carbon

KATA KUNCI:

Formasi merawan, gunung gumitir, hutan produksi, karbon total, pinus

ABSTRACT

In 2100, it is estimated that the temperature will increase by 4.4 °C. Carbon is the element that contributes the most to greenhouse gas (GHG) emissions in the atmosphere. Land degradation result in decreased in water sources, landslides, floods, erosion, and carbon content both in the soil and above the ground. The research aims to assess the total carbon value of pine production forest land on the slopes of Mount Gumitir. The method used is exploratory-descriptive with a field survey approach. Data were analyzed from carbon pools in stands, roots, litter, and soil. Each sapling was carried out on pine land with an age of 2–7 years, and each sampling was divided into three replications, with the size of each replication being 10 m x 10 m. Based on the results, show that the age of the pine plant influences the total carbon value. Pines that are 37 years old on their land have a total carbon amount of 406.87 tons/ha. In comparison, those that are 2 two years old have a total carbon amount of 11.95 tons/ha, so they can be modeled in the linear formula $Y = \text{Total carbon amount in the formula } Y = 10,303 \times 35.671$, where the Y value is the total carbon amount. X is the age of the pine plant with a coefficient of determination (R^2) of the relationship model of 0.9344.

ABSTRAK

Tahun 2100 diperkirakan terjadi kenaikan temperature sebesar 4,4°C. Karbon merupakan unsur yang menyumbang paling besar emisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Degradasi lahan berakibat penurunan sumber mata air, longsor, banjir, erosi, dan kandungan karbon baik di dalam tanah maupun di atas tanah. Tujuan penelitian yaitu mengkaji nilai karbon total di lahan hutan produksi pinus lereng Gunung Gumitir. Metode yang digunakan diskriptif eksploratif dengan pendekatan survai lapang. Data dianalisis dari kumpulan karbon di tegakan, akar, seresah dan tanah. Tiap sapling dilakukan pada lahan pinus dengan umur 2-37 tahun dan tiap sampling terbagi atas tiga ulangan dengan ukuran tiap ulangan 10m x 10 m. Berdasarkan hasil menunjukkan bahwa nilai karbon total dipengaruhi oleh umur tanaman pinus. Pinus dengan umur 37 tahun di lahannya memiliki jumlah karbon total sebesar 406,87 ton/ha, sedangkan yang berumur dua tahun jumlah karbon total sebesar 11,95 ton/ha, sehingga dapat dimodelkan dalam rumus linear $Y = \text{Jumlah karbon total dirumuskan } Y = 10,303x - 35,671$ dimana nilai Y merupakan jumlah karbon total, dan x merupakan umur tanaman pinus dengan koefisien determinasi (R^2) model hubungan sebesar 0,9344.

1. PENDAHULUAN

Akhir tahun 2023 terjadi kenaikan temperature sebesar 0,4 - 1,0 °C yang semula 20,1 - 28,6 °C menjadi 20,5 - 29,6 °C. Peningkatan tersebut akibat anomali cuaca. Tahun 2100 diperkirakan terjadi kenaikan temperature sebesar 4,4 °C, yang secara langsung menyebabkan permukaan bumi semakin tinggi suhunya (Hertyastuti *et al.*, 2020). Kenaikan suhu yang tinggi disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca akibat aktifitas manusia seperti penggundulan hutan, pembakaran gambut, aktifitas industri yang menghasilkan gas karbondioksida (CO₂), dan aktifitas lain yang menyebabkan munculnya senyawa seperti Perfluora Karbon (PFCS), Metana (CH₄), Sulfur Hexaflorida (SF₆), Dinitrogen Mono Oksida (N₂O) (Gunawan *et al.*, 2019). Gas-gas tersebut mampu meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK) dengan menyumbangkan 20-50%. Sektor hutan menyumbang 35-50% gas rumah kaca melalui kebakaran hutan dan lahan gambut.

Karbon menyumbang paling besar dalam emisi gas rumah kaca terutama yang berubah menjadi (CO₂) ke atmosfer. Semakin tinggi gas emisi rumah kaca di atmosfer, menyebabkan panas dari matahari ke bumi dipantulkan Kembali ke bumi sehingga menyebabkan temperature naik beberapa kali lipat (Martín *et al.*, 2016). Kondisi tersebut secara terus-menerus dan jangka waktu yang lama menyebabkan perubahan kondisi iklim global (Qureshi *et al.*, 2012). Upaya penurunan gas rumah kaca bagian dari mengurangi dampak perubahan iklim. Karbon dalam jumlah tidak berubah secara total tetapi yang berubah dalam bentuknya baik di dalam tanah, jaringan tanaman, air, seresah, dan akar (Basuki, *et al.*, 2023).

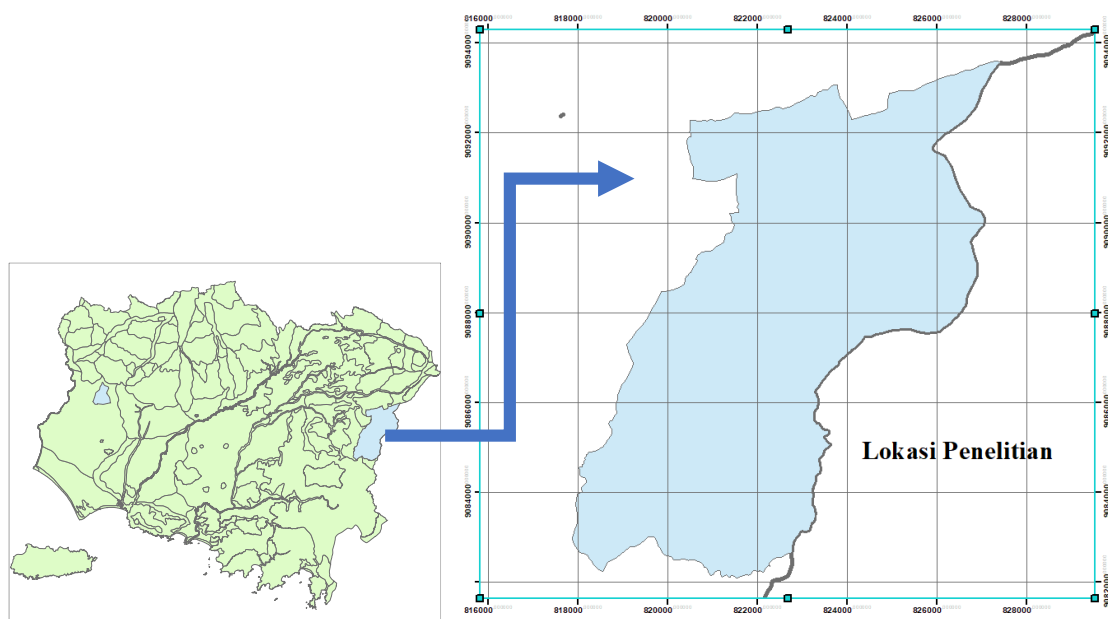
Indonesia merupakan salah satu negara pemilik kawasan hutan terbesar utamanya hutan tropis terluas ketiga setelah Brazil dan Republik Kongo, sehingga Indonesia turut berkontribusi mengurangi percepatan perubahan iklim. Emisi karbon tersebut dapat diatasi dengan diserap oleh tanaman yang memiliki kapasitas penyerapan tinggi seperti tanaman hutan. Tapal kuda Jawa Timur merupakan wilayah vulkanik yang terdapat deretan gunung api seperti Gomitir, Gunung Raung, Gunung Argopura, Gunung Semeru, Gunung Baluran yang sebagian besar penggunaan lahan hutan yang diindikasikan sudah mengalami degradasi (Sulistiawati, *et al.*, 2023). Degradasi lahan tersebut berakibat salah satunya penurunan sumber mata air, longsor, banjir, erosi, dan bahkan nilai kandungan karbon baik di dalam tanah maupun di atas tanah (Basuki *et al.*, 2024, 2022).

Hutan di Indonesia mengalami deforestasi, degradasi, perubahan tutupan lahan dan kebakaran lahan gambut sehingga penurunan luasan hutan mencapai 0,4-1,8 juta Ha per tahun pada tahun 1985-2017, hal tersebut menyebabkan kapasitas serapan emisi karbon berkurang setiap tahun. Analisis stok karbon merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar suatu area dapat menyerap emisi karbon di udara, semakin tinggi stok karbon maka semakin baik lingkungan berkontribusi mengurangi percepatan perubahan iklim. Jumlah stok karbon akan berbeda-beda pada setiap wilayah tergantung dari karakteristik wilayah seperti tipe penggunaan lahan dan jenis tanaman.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di hutan produksi tanaman pinus lereng Gunung Gomitir Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember. Waktu kegiatan dimulai pada bulan Juni hingga bulan September 2023. Hutan produksi tanaman pinus yang di budidayakan lereng Gunung Gomitir berada di ketinggian 363-1.039 mdpl.

Bahan digunakan dalam kegiatan ini meliputi tanaman pinus yang ditanam pada tahun 1985, 1992, 1998, 2001, 2009, 2011, 2018, dan 2021, seresah tanaman, akar pucuk, dan tanah. sedangkan alat yang digunakan pada kegiatan ini meliputi avenza map, tally sheet, pita ukur, meteran roll, ring sample, plastik klip, clinometer, cetok dan pisau lapang.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Hutan Pinus Lereng Gunung Guitir

Pengukuran simpanan karbon dalam penelitian ini menggunakan metode diskriptif eksploratif dengan pendekatan pengamatan lapang dengan pendekatan penjumlahan dari karbon tegakan pinus, akar, karbon seresah dibawah tegakan, dan karbon di dalam tanah.

$$KT = C(AGB)_{est} + C_{Ba} + C_{S\ plot} + C_t \quad (1)$$

Keterangan: KT = Karbon total (Ton/ha); $(AGB)_{est}$ = Biomassa Tegakan Pohon (kg/pohon); C_{Ba} = Kandungan Karbon Akar (Kg/pohon); $C_{S\ plot}$ = Kandungan Karbon Seresah dalam Plot (kg/m²); C_t = Karbon Tanah (g/cm²).

Pengumpulan data dimulai dengan penentuan titik lokasi lahan yang ditanami pinus dengan berbagai tahun tanam. Di lokasi tiap pengamatan di buat plot dengan ukuran 10 meter x 10 meter dengan diulang 3 kali. Tiap plot diamati meliputi tegakan tanaman pinus, akar, seresah tanaman, dan carbon tanah.

Penghitungan karbon tegakan pinus diawali dengan mengukur tinggi tanaman, diameter pohon, dan biomassa tegakan pohon. Parameter tersebut digunakan sebagai dasar untuk penghitungan potensi karbon tegakan pinus dengan rumus sebagai berikut:

$$C(AGB)_{est} = (AGB)_{est} \times \%C \quad (2)$$

Keterangan: $(AGB)_{est}$ = Biomassa Tegakan Pohon (kg/pohon); $(AGB)_{est} = 0,0509 \times (\rho \cdot D^2 \cdot H)$; $\%C$ = Kandungan Karbon (%) nilai sebesar 47%; ρ = Berat Jenis Kayu Pinus 0,55 g/cm³; D = Diameter Pohon (cm); H = Tinggi Pohon (m).

Akar tanaman yang diamati sebagai dasar dalam penghitungan carbon akar meliputi biomassa akar. Hasil penghitungan biomassa akar digunakan untuk menghitung karbon akar dengan rumus:

$$C_{Ba} = Ba \times \%C \quad (3)$$

Keterangan: C_{Ba} = Kandungan Karbon akar (Kg/pohon); $\%C$ = Kandungan karbon (%), nilainya 47%; Ba = Biomassa akar (Kg/pohon).

$$Ba = NAP \times (AGB)_{est} \quad (4)$$

Keterangan : NAP = Nisbah akar pucuk (0,2 atau 20%); $(AGB)_{est}$ = Biomassa atas permukaan (Kg/pohon).

Seresah merupakan hasil proses pengguguran material tanaman yang sudah tua seperti kulit, daun, ranting dan tanaman yang tumbuh diatas tanah. Seresah memegang peran penting dalam cadangan karbon. Pengukuran seresah dengan mengambil 3 titik dalam plot dengan tiap titik diukur sebesar 1 meter x 1 meter. Tiap titik diamati biomassa seresah dalam satuan kg/m². Hasil penghitungan biomassa seresah digunakan sebagai dasar dalam penghitungan stok karbon, adapun rumus penghitungannya sebagai berikut:

$$C_{S \text{ plot}} = \text{Total BK}_s \times \%C \quad (5)$$

Keterangan : $C_{S \text{ plot}}$ = kandungan Karbon seresah dalam (kg/m²); BK_s = Biomassa seresah (Kg/m²).

$$\text{Total BK}_s = \frac{BK_{\text{subcontoh}}}{BB_{\text{sub contoh}}} \times \text{Total BB} \quad (6)$$

Keterangan : $BK_{\text{subcontoh}}$ = Berat kering contoh sampel (kg); $BB_{\text{subcontoh}}$ = Berat basah contoh sampel (kg);
 $\%C$ = Kandungan karbon (%), nilainya sebesar 47%.

Carbon tanah di ukur menggunakan metode Walkey&Black yang diawali dengan pengambilan sampel tanah di lapang. Metode sampling yang digunakan untuk pengambilan sampel tanah dengan metode random sampling dengan pengambilan sampel secara acak namun tetap didalam 1 plot pengamatan. Sampel tanah yang diambil hasil komposit dengan 5-8 titik pada kedalaman tanah 30 cm dari permukaan tanah. Sampel tanah yang diambil dikeringanginkan, diayak lolos 0,5 cm dan dianalisis di laboratorium.

$$C_t = K_d \times \rho \times \% C\text{-organik} \quad (7)$$

Keterangan : C_t = Karbon tanah (g/cm²); K_d = Kedalaman (cm); ρ = Berat volume tanah (g/cm³); C-organik = Kandungan karbon (%).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

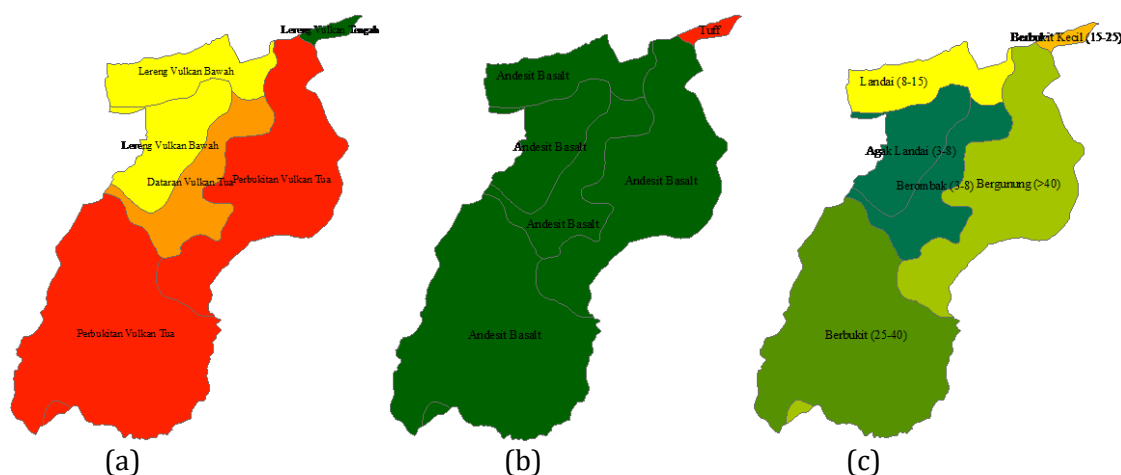
3.1 Karakteristik Lingkungan

Wilayah kajian berada di lereng Gunung Gunitir dengan bahan induk tanah 99,14% berasal dari andesit basal. Andesit basal merupakan bagian dari material aliran lava dan termasuk bagian dari formasi merawan (Basuki, et al., 2023). Formasi merawan merupakan formasi yang tersusun atas andesitan yang telah mengalami kloritisasi dan piritisasi. Sehingga material andesit basal di lokasi penelitian tersusun atas mineral olivine, piroksen, plagioklas, biotit, dan amfibol. Landform lokasi penelitian terbagi atas 4 landform diantaranya lereng vulkan tengah, lereng vulkan bawah, perbukitan vulkan tua, dataran vulkan tua, perbukitan vulkan tua. Luas landform perbukitan vulkan tua mendominasi dengan luasan 3.820,88 ha atau 59,15% luas areal penelitian. Luas landform kedua yang mendominasi yaitu lereng vulkan bawah (1.063,03 ha/16,46%) dan dataran vulkan (938,34 ha/ 14,53%).

Gambar 2. menunjukkan bahwa topografi terbagi atas 5 relief yaitu berbukit dengan persentase lereng 25-40% dengan areal terluas dengan luas 2.292,36 ha (35,48%). Luas areal lahan dengan relief bergunung dengan presentase lereng > 40% menempati luas lahan 1.528,52 ha (23,66%), bergunung (lereng >40%), berombak/agak landai (lereng 3-8%) dengan luas 1.134,02 ha (17,55%), datar (lereng 0-3%) dengan luas 938,34 ha (14,53%), landai (lereng 8-15%) dengan luas 511,57 ha (7,92%). Relief memiliki peran penting dalam kesesuaian tanaman karena tiap tanaman memiliki karakteristik dalam berjangkarnya akar pada tanah. Tanah dengan topografi semakin miring lerengnya, semakin dangkal solum yang terbentuk karena pengaruh erosi, runoff, dan longsor dengan potensi yang tinggi.

Tabel 1. Landform, bahan induk, dan relief lereng Gunung Gunitir

No	Landform	Luas (ha)	%	No	Bahan Induk	Luas (ha)	%	No	Relief (%)	Luas (ha)	%
1	Lereng Vulkan Tengah	0,86	0,86	1	Tuff	55,46	0,86	1	Datar (0-3)	938,34	14,53
2	Lereng Vulkan Bawah	1.063,06	16,46	2	Andesit Basalt	6.404,82	99,14	2	Berombak/agak landai (3-8)	1.134,02	17,55
3	Dataran Vulkan	938,34	14,53					3	Landai (8-15)	511,57	7,92
4	Dataran Vulkan Tua	582,54	9,02					4	Berbukit Kecil (15-25)	55,46	0,86
5	Perbukitan Vulkan Tua	3.820,88	59,15					5	Berbukit (25-40)	2.292,36	35,48
								6	Bergunung (>40)	1.528,52	23,66



Gambar 2. Landform (a), bahan induk (b), relief (c)

3.2 Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah di lereng Gunung Gunitir sebagian besar memiliki kedalaman tanah yang dalam dengan kedalaman >100 cm dari permukaan tanah. Kedalaman tanah >100 cm dari permukaan tanah memiliki sebaran luas 3.358,88 ha (69,02%), dan sisanya termasuk kategori kedalaman sedang (50-100 cm dari permukaan tanah) dengan luas 2.001 ha atau 30,98%. Penggunaan lahan didominasi hutan mampu mempertahankan solum tanah karena seresah yang dihasilkan melindungi tanah dari pengaruh hujan dan limpasan air permukaan. Didukung dengan lereng minimal agak landai, air yang jatuh ke tanah tidak tergenang tetapi dialirkan kebawah karena pengaruh lereng sehingga wilayah penelitian memiliki drainase tanah 100% dalam kategori baik.

Tekstur tanah lokasi penelitian di lereng Gunung Gunitir terbagi atas 3 kategori yaitu sedang, agak halus, dan halus. Tekstur tanah sedang mendominasi landform lereng vulkan tengah dan lereng vulkan bawah. Luas wilayah dengan tekstur tanah sedang tersebar dengan luasan 567,03 ha (8,78%). Tekstur tanah sedang merupakan tekstur tanah yang didominasi sebagian besar fraksi pasir dan terbentuk pada tanah muda dan biasanya solum tanahnya dangkal-sedang. Solum tanah berkorelasi positif terhadap tekstur tanah dengan nilai korelasi kuat ($r = 0,93$; $p\text{-value} = 0,01$).

Jenis tanah di lokasi penelitian terbagi atas 3 ordo meliputi andisol, inceptisol, dan alfisol (Gambar 3). Andisol merupakan jenis tanah yang terbentuk di lereng tengah gunung dengan bahan induk sebagian besar dari tuff vulkan dan abu vulkan dengan karakteristik mineralogi bersifat amorf yang sebagian besar tersusun oleh gelas vulkan (Suprayogo *et al.*, 2020). Inceptisol merupakan ordo tanah dengan karakteristik mulai berkembang, belum ditemukan peumpukan liat yang signifikan di

horizon B, dan masih sama dengan horison diatasnya tetapi sudah ada perkembangan perbedaan warna tanah tetapi masih lemah (Bw). Alfisol merupakan jenis tanah dengan perkembangan yang optimal dengan tersusun oleh aluminium dan besi yang tinggi sehingga pH tanah dalam kategori asam <6,5 dengan kejenuhan basa yang sedang-tinggi >35%.

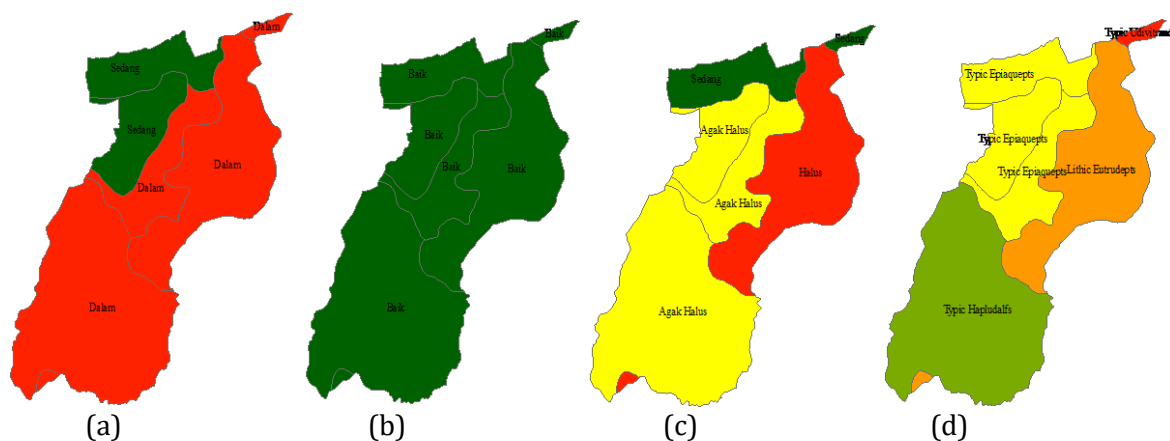
Tiga ordo tanah tersebut terbagi atas 5 subgrup tanah diantaranya Typic Udivitrands, Typic Epiaquepts, Typic Eutrudepts, Typic Hapludalfs, dan Lithic Eutrudepts. Sebaran subgroup Typic Udivitrands tersebar dengan luasan yang kecil dilokasi penelitian 55,46 ha (0,86%), terbentuk di landform vulkan bagian tengah. Ordo tanah Inceptisol terbagi atas tiga subgroup yaitu Typic Epiaquepts dengan luas 1.645,59 ha (25,47%), Typic Eutrudepts dengan luas 938,34 ha (14,53%), dan Lithic Eutrudepts dengan luas 1.428,52 ha (23,66%). Ordo tanah dengan subgroup tanah Typic Hapludalfs memiliki sebaran luas yang tinggi dilokasi penelitian sebesar 35,48% atau 2.292,38 ha. Jenis tanah Alfisol terbentuk pada landform perbukitan vulkan tua dengan bahan induk andesit basalt (Jimoh *et al.*, 2020). Pembentukan dan perkembangan yang terus berlangsung tanpa penambahan material baru yang didukung oleh curah hujan yang tinggi 2.000-2.500 mm/tahun di lokasi penelitian membentuk jenis tanah ini dengan kedalaman kategori dalam >100 cm dari permukaan tanah.

3.3 Diameter dan Tinggi Tanaman Pinus

Pertumbuhan dan perkembangan pinus di tandai dengan perkembangan diameter dan tinggi tanaman. Tinggi dan diameter batang berkorelasi sangat kuat dengan umur tanaman ($r = 0,74$; p -value : 0,001). Diameter tanaman yang dihubungkan dengan umur pinus dapat dimodelkan dengan rumus $y=5,4317x+3,59$ dengan nilai $R^2 = 0,9417$, sedangkan hubungan tinggi tanaman pinus dengan umur dimodelkan dengan rumus $y=4,2433x+0,815$ dengan nilai $R^2 = 0,9146$. Data yang di dapatkan dari pengamatan dilapang baik diameter dan ketinggian tegakan pinus yang diambil di dalam plot sampel 10 meter X 10 meter disajikan pada Gambar 4. Jumlah pohon didalam plot berkorelasi dengan umur tanaman ($r:0,66$; p -value: 0,043).

Tabel 2. Karakteristik tanah (kedalaman, drainase, dan tekstur tanah) lereng di Gunung Gunitir

No	Kedalaman tanah	Luas (ha)	%	No	Draenase tanah	Luas (ha)	%	No	Tekstur tanah	Luas (ha)	%
1	Sedang	2.001	30,98	1	Baik	6.460,27	100,00	1	Sedang	567,03	8,78
2	Dalam	4.458,88	69,02					2	Agak halus	3.426,39	53,04
								3	Halus	2.111,06	32,68



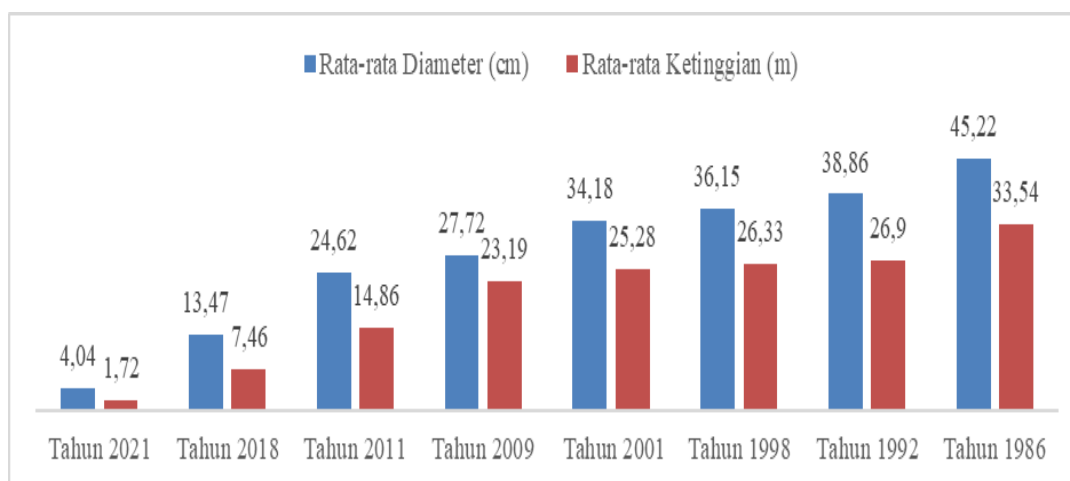
Gambar 3. (a) Kedalaman tanah, (b) Draenase tanah, (c) Tekstur tanah, (d) Jenis tanah

Jumlah pohon dalam plot semakin sedikit pada umur tegakan tua sebaliknya semakin muda umur tegakan maka jumlah pohon semakin banyak, hal itu terjadi karena umur pinus yang masih muda masih mampu memanfaatkan nutrisi dan sinar matahari seoptimal mungkin sesuai dengan ukuran jarak tanam dan jumlah tanam, sedangkan umur pinus yang tua biasanya kanopi saling menutup dan terseleksi oleh alam dan beberapa mengalami berbagai masalah salah satu contohnya yaitu kegagalan pertumbuhan yang baik sehingga pada saat dilakukan seleksi yang tumbuh kurang baik akan di tebang terlebih dahulu (Basuki *et al.*, 2023).

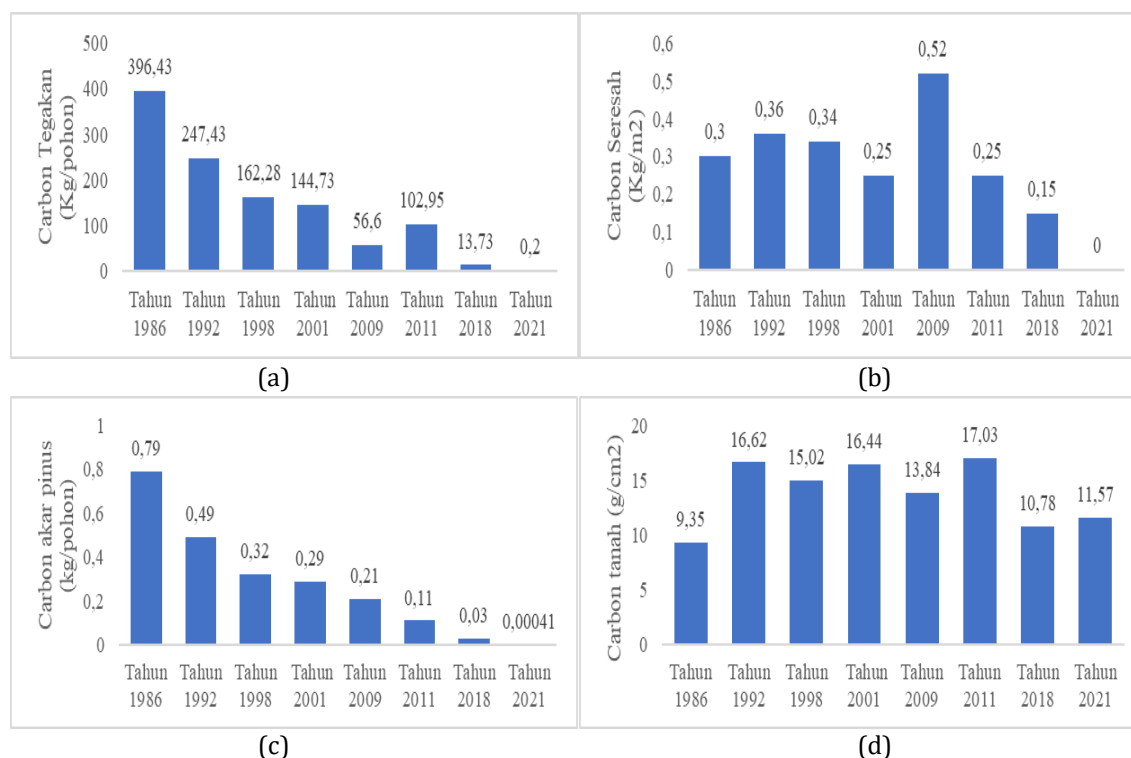
3.4 Karbon di Tegakan, Seresah, Akar dan Tanah

Karbon tegakan pinus pada Gambar 5.a., menunjukkan nilai tertinggi dengan rata-rata 396,43 kg/pohon pada tahun tanam 1986 sedangkan untuk nilai karbon tegakan pinus untuk nilai terendah pada tahun tanam 2021 dengan nilai 0,20 kg/pohon. Tahun 1992, nilai karbon tegakan pinus sebesar 247,43 kg/pohon. Faktor yang mempengaruhi kapasitas karbon tegakan diantaranya umur tanaman sehingga semakin tua umur tanaman berpengaruh terhadap diameter dan tinggi pohon. Pinus yang berumur tua berukuran diameter lebih lebar dan lebih tinggi daripada umur muda sehingga berpengaruh terhadap karbon pinus tegakan yang lebih besar. Karbon tegakan (y) yang dihubungkan dengan umur tanaman pinus (x) dapat digambarkan dengan model $y = 50,098x - 84,897$ dengan nilai $R^2 = 0,8667$. Tingginya nilai biomassa dan cadangan karbon pada tegakan lahan pinus dipengaruhi oleh tinggi dan diameter pohon.

Biomassa seresah merupakan hasil dari pengguguran daun dan ranting yang telah jatuh ke tanah baik dari tanaman pinus maupun tanaman semak, rumput, dan tanaman lain yang tumbuh di bawah tegakan pinus. Gambar 5.b., menunjukkan bahwa perbedaan umur tidak mempengaruhi jumlah biomassa seresah. Kerapatan pinus, semak, rumput dan tanaman lain yang tumbuh dibawah tegakan pinus baik dengan atau tanpa sistem agroforestry yang berada di dalamnya dapat mempengaruhi biomassa seresah. Karbon seresah di hutan produksi pinus tertinggi pada tahun 2019 dengan nilai 0,42 kg/m². Pinus tanam pada tahun 1992 hampir sama nilainya dengan tahun tanam 2011 dengan nilai rata-rata karbon biomassa seresah yaitu 0,36 kg/m² serta 0,25 kg/m². Tahun tanam 1992 untuk agroforestry pinus tidak sebanyak dan serapat tahun tanam 2011. Hal itu sejalan dengan penelitian menurut Hertiyastuti *et al.*, (2020), kerapatan merupakan faktor yang mempengaruhi jatuhnya seresah sehingga dapat mempengaruhi karbon yang dihasilkan. Penelitian lain menurut Drupadi *et al.*, (2021), menyebutkan bahwa perbedaan kadar biomassa seresah tiap tutupan lahan serta kerapatan vegetasi dipengaruhi oleh jenis vegetasi.



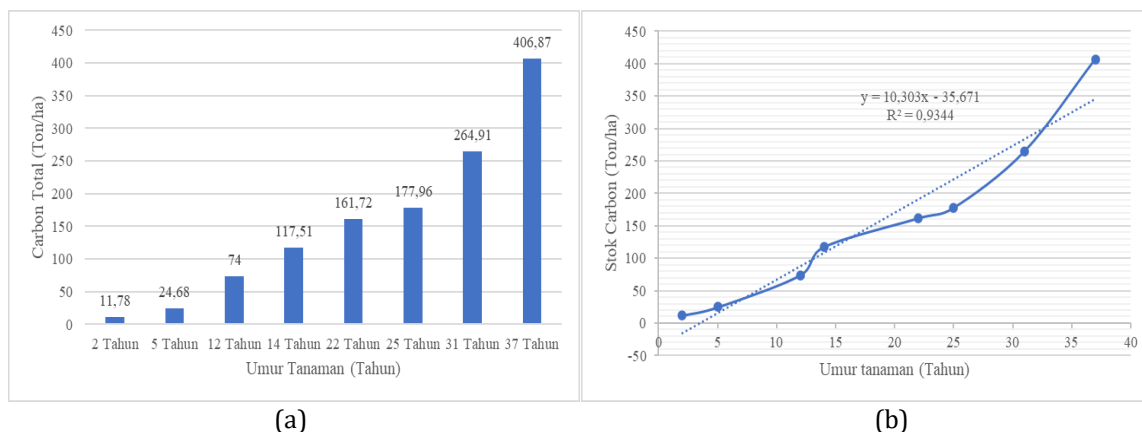
Gambar 4. Histogram umur tanaman pinus dengan tinggi dan diameter batang



Gambar 5. (a) Karbon tegakan, (b) karbon seresah, (c) karbon akar, dan (d) Karbon tanah

Karbon akar atau sering disebut juga karbon nisbah pucuk akar merupakan karbon yang di simpan dalam bentuk akar tanaman. Gambar 5.c., menunjukkan bahwa karbon akar untuk yang penyimpanannya paling besar terdapat pada tahun umur 1986 dengan total 0,79 kg/pohon, sedangkan tahun tanam 2021 merupakan penyimpanan karbon yang paling kecil sebesar 0,00041 kg/pohon. Penyimpanan karbon ini dipengaruhi oleh umur tanaman sebab semakin tua umur tanaman menghasilkan volume akar yang besar sehingga dapat berpengaruh terhadap hasil penyimpanan karbon. Jumlah karbon pada akar yang dikaitkan dengan umur tanah dengan model $y = 0,1016x - 0,1773$ dengan nilai $R^2 = 0,9031$. Semakin umur pohon pinus, kualitas akar semakin tinggi karena konsentrasi lignin dan polifenol lebih rendah dibandingkan dengan kandungan N, tetapi total panjang akarnya lebih rendah.

Tanah merupakan salah satu dari tiga penyimpan karbon (carbon pool) di darat, (Ghafar et al., 2018). Karbon tanah menunjukkan bahwa untuk nilai tertinggi terdapat pada lahan yang ditanami pinus tahun 2009 dengan nilai karbon tanah rata-rata sebesar 17,03 gr/cm² serta untuk karbon tanah terendah pada tahun tanam 1986 rata-rata sebesar 9,35 gr/cm². Hal ini dipengaruhi oleh sistem agroforestry yang dibawah tegakan mulai diolah dan dimanfaatkan untuk komoditas tanaman lain seperti hortikultura dan tanaman pangan (Basuki & Sari, 2024). Menurut penelitian (Sari et al., 2017), hubungan kerapatan tanah, karbon organik tanah dan cadangan karbon organik tanah di kawasan agroforestri semakin tinggi bilamana tidak terdapat pengaruh aktifitas manusia. Lahan yang di tanami pinus pada tahun tanam 2009 didominasi oleh sistem agroforestry alami seperti tumbuhan liar dan ilalang sedangkan tahun tanam 1986 terdapat agroforestry kopi dan talas sehingga kandungan C-organik lebih rendah dari pada agroforestry tumbuhan liar dan ilalang. Menurut (Hairiah & Rahayu, 2007), pembolak-balikan tanah melalui pengolahan dan pengelolaan tanah menyebabkan kandungan C-organik pada bagian permukaan rendah sehingga karbon tanah yang dihasilkan juga semakin rendah.



Gambar 6. (a) Karbon total sesuai umur tanaman pinus, (b) regresi hubungan stok karbon dan umur tanaman

3.5 Karbon Total Lahan Pinus

Karbon total di lahan pinus lereng Gunung Gomitir dihitung berdasarkan 4 faktor karbon yang ada di lahan baik tegakan tanaman pinus, akar pinus, seresah, dan tanah. Perbandingan penilaian karbon di lahan pinus didasarkan umur tanaman pinus. Karbon total lahan pinus di kaki Gunung Gomitir menunjukkan berpengaruh nyata peningkatan karbon dengan semakin tua umur tanaman pinus (P -value = 0,034). Peningkatan tersebut dapat digambarkan dengan grafik linear dengan model peningkatan karbon total lahan pinus $Y = 10,303x - 35,671$ dimana nilai Y merupakan jumlah karbon total, dan x merupakan umur tanaman pinus. Koefisien determinasi (R^2) model hubungan nilai karbon total dan umur sebesar 0,9344 menunjukkan tingkat hubungan yang sangat erat.

Karbon total lahan pinus lereng Gunung Gomitir umur 37 tahun dengan tahun tanam tahun 1986 memiliki karbon total tertinggi dengan nilai 406,87 ton/ha. Sejalan dengan penurunan umur tanaman tegakan pinus semakin menurun jumlah total karbon di lahan pinus. Pinus yang di tanam dengan umur 31 tahun memiliki karbon total sebesar 264,91 ton/ha, sedangkan pinus dengan umur 2 tahun memiliki karbon total sebesar 11,78 ton/ha. Nilai karbon total tersebut didukung dengan karbon tegakan dengan nilai korelasi sangat kuat ($r = 0,983$), dan karbon akar dengan korelasi sempurna ($r = 1,000$, p -value = 0,000) (Tabel 2). Jumlah stok karbon pada pinus dengan tahun tanam yang berbeda akan menghasilkan stok karbon yang berbeda pula, karena tingginya jumlah karbon yang disimpan pada tumbuhan dalam bentuk biomassa dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu keragaman jenis, jenis tanah, volume pohon dan umur pohon (Wu *et al.*, 2022). Sejalan dengan bertambahnya umur pohon, dapat diduga bahwa umur tegakan akan berpengaruh terhadap biomassa dan karbon yang tersimpan pada suatu tegakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai karbon total dipengaruhi oleh umur tanaman pinus. Pinus dengan umur 37 tahun di lahannya memiliki jumlah karbon total sebesar 406,87 ton/ha, sedangkan yang berumur 2 tahun jumlah karbon total sebesar 11,95 ton/ha, sehingga dapat dimodelkan dalam rumus linear $Y = 10,303x - 35,671$ dimana nilai Y merupakan jumlah karbon total, dan x merupakan umur tanaman pinus dengan koefisien determinasi (R^2) model hubungan sebesar 0,9344.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Jember, tim peneliti, dan mahasiswa yang membantu kelancaran penelitian sampai terbit artikel jurnal ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, R. Anggriawan, V. K. Sari, & F. A. Rohman. 2024. Soil classification and prediction model for critical land on the slopes of Mount Raung in Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 11(3):5610–5621.
- Basuki, B., B. Hermiyanto, S. A. Budiman, & F. K. Alfarisy. 2023. The evaluation of land use cover changes through the composite approach of Landsat 8 and the land use capability index for the Bedadung watershed. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 10(4):4659.
- Basuki, B., & V. K. Sari. 2024. Specifications of sugar cane varieties based on land characteristic and typology. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. 13(1):132.
- Basuki, B., V. K. Sari, O. A. Farisi, & M. Mandala. 2023. Teknologi penataan pola tanam padi sawah berdasarkan karakteristik iklim di lahan sub optimal das sampian lereng gunung ijen. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11(1):159–168.
- Basuki, B., V. K. Sari, L. Mutmainnah, & M. G. Rosyady. 2022. Soil Damage potential index based on weighting scoring analysis and utilization of geographical information systems. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 11(4):601–616.
- Basuki, B., N. Sulistiawati, D. Verdian, & Z. Naely. 2023. *The sensitivity level of landslide risk using Geographic Information System on the slopes of Mount Argopura, East Java, Indonesia*. 11(1): 4949–4959.
- Basuki B., & A. R. Fahmi, M. Mahyati, I. Iswahyudi, M. A. Andin, N. S. Nukhak, M. Ronny, O. Morgan, T. T. H. Nining. 2023. *Pengelolaan Tanah Wilayah Vulkanik Berbasis Teknologi*. Yayasan Kita Menulis.
- Drupadi, T. A., D. P. Ariyanto, & S. Sudadi. 2021. Pendugaan kadar biomassa dan karbon tersimpan pada berbagai kemiringan dan tutupan lahan di KHDTK gunung bromo UNS. *Agrikultura*. 32(2):112.
- Ghafar, M., Sari, M. Nila, N. Kartina, Mulyadi, M. Hidayat, & Kurniawati. 2018. Kandungan karbon tanah di kawasan hutan sekunder pegunungan deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 274–280.
- Gunawan, J. V., M. Parengkuan, A. J. Wahyudi, & F. Zulpikar. 2019. Estimasi stok karbon pada biomassa lamun di pulau semak daun, Kepulauan Seribu. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*. 4(2):89.
- Hairiah, K., & S. Rahayu. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77 p.
- Hertyastuti, P. R., R. D. Putra, T. Apriadi, M. P. Suhana, F. Idris, & A.H. Nugraha. 2020. Estimasi kandungan stok karbon pada ekosistem padang lamun di perairan dampak dan berakit, kepulauan riau. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. 12(3):849–862.
- Jimoh, A. I., A. L. Mbaya, D. Akande, D. T. Agaku, & S. Haruna. 2020. Impact of toposequence on soil properties and classification in zaria, kaduna state, northern guinea savanna, nigeria. *Eqa-International Journal of Environmental Quality*. 38:48–58.
- Qureshi, A., Pariva, R. Badola, & S. A. Hussain. 2012. A review of protocols used for assessment of carbon stock in forested landscapes. *Environmental Science and Policy*. 16:81–89.
- Rodríguez Martín, J. A., J. Álvaro-Fuentes, J. Gonzalo, C. Gil, J. J. Ramos-Miras, J. M. Grau Corbí, & R. Boluda. 2016. Assessment of the soil organic carbon stock in spain. *Geoderma*. 264:117–125.
- Sari, T., R. Linda, P. S. Biologi, F. Mipa, U. Tanjungpura, J. Prof, & H. H. Nawawi. 2017. *Hubungan Kerapatan Tanah, Karbon Organik Tanah dan Cadangan Karbon Organik Tanah Di Kawasan Agroforestri Tembawang Nanga Pemubuh Sekadau Hulu Kalimantan Barat*. 6:263–269.

- Suprayogo, D., M. Van Noordwijk, K. Hairiah, N. Meilasari, A. L. Rabbani, R. M. Ishaq, & W. Widiyanto, 2020. *Infiltration-Friendly Agroforestry Land Uses on. Land*, 9.
- Wu, X., W. Wu, & H. Yang. 2022. Effects of legume–grass ratio on c and nutrients of root and soil in common vetch–oat mixture under fertilization. *Agronomy*. 12(8).