

Stok Karbon pada Berbagai Umur Kelapa Sawit Perkebunan Kelapa Sawit

Fitra Nuryandri Syaputra, Retni Mardu Hartati, Betti Yuniasih^{*)}

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian INSTIPER Yogyakarta

^{*)}Email korespondensi: betty@instiperjogja.ac.id

ABSTRACT

Oil palm plantations are one of the important carbon stocks for climate change mitigation because of their ability to store carbon and absorb free carbon from the air. This study aims to calculate carbon stocks at various stages of oil palm growth. The samples in this study were oil palm producing plants with various age classes; young plants (3-8 years), juvenile plants (9-14 years), and old plants (> 21 years) taken with a sample of 3 plots with 1 plot of 10 trees each in each age class variation using a quadrant (sample plot) plot size of 20 x 60 m with 3 replications. The sampling of understory vegetation was carried out in a measurement plot with a size of 1 m x 1 m as much as 1 sample placed in each plot of oil palm stand biomass measurement. The study was conducted using a carbon stock measurement method with a non-destructive approach using an allometric equation. In young, juvenile, and old oil palm plants. on sample plots according to the predetermined age groups. The research samples were selected by purposive sampling. In each sample, carbon stocks were measured in the oil palm plants and floor vegetation carbon stocks. The results of the study showed that carbon stock analysis showed a close relationship with plant age. Oil palm plant carbon stocks continued to increase with increasing plant age. Therefore, it can be concluded that oil palm biomass increases with increasing age in young plants (3.77 tons/ha), adolescents (12.61tons/ha), and old (>21 years, 167.82 tons/ha).

Keywords: oil palm; carbon stock; growth stage

PENDAHULUAN

Sebagai komoditas strategis yang tidak hanya berperan penting dalam perekonomian nasional, kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) juga memiliki fungsi ekologis sebagai penyerap karbon. Karbon stok yang ada di dalam tubuh tanaman kelapa sawit berpotensi dapat menyerap karbon bebas di atmosfer. Kebun kelapa sawit yang bersifat monokultur membatasi keanekaragaman hayati yang ada di dalam kebun. Manusia sebagai pengelola

agroekosistem kebun kelapa sawit akan mengendalikan spesies hewan dan tumbuhan yang dapat menjadi kompetitor bagi tanaman kelapa sawit atau merusak tanaman budidaya. Hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan pertumbuhan kelapa sawit sebagai tanaman budidaya utama (Purba & Sipayung, 2017).

Budidaya kelapa sawit saat ini menghadapi tantangan berupa perubahan pola curah hujan sebagai dampak perubahan iklim. Kondisi telah menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang pada umumnya menggantungkan ketersediaan air di dalam kebun dari air hujan. Kelapa sawit sangat bergantung pada kondisi iklim yang stabil. Pada saat terjadi kondisi anomali iklim El Nino maka dapat menyebabkan kemarau panjang sehingga dapat menyebabkan penurunan curah hujan. Berkurangnya curah hujan di kebun kelapa sawit dapat menyebabkan defisit air yang dapat menyebabkan gangguan proses fisiologis tanaman dalam menghasilkan biomassa (Harahap et al., 2021; Kurniawan et al., 2018). Air juga merupakan bahan dalam proses fotosintesis, pada saat ketersediaan air terbatas maka proses fotosintesis juga akan terganggu yang pada akhirnya memengaruhi akumulasi biomassa dan penyimpanan karbon. Azizah *et al.* (2021) mengkonfirmasi bahwa pola curah hujan tidak teratur menjadi faktor pembatas utama dalam produktivitas pertanian dan kapasitas penyimpanan karbon ekosistem. Kelapa sawit memiliki kemampuan menyerap karbon yang mencapai 64,5 ton CO₂ per hektar per tahun (Anggraini et al., 2022).

Pertumbuhan kelapa sawit dapat optimal jika ketersediaan air memadai yaitu curah hujan dengan kisaran ideal 1.750-3.000 mm/tahun yang terdistribusi merata sepanjang tahun (Harahap et al., 2021). Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada pengaruh umur tanaman dan teknik pengelolaan lahan terhadap stok karbon, sementara keterkaitan antara variabilitas curah hujan dengan dinamika penyimpanan karbon pada berbagai fase pertumbuhan kelapa sawit masih kurang mendapat perhatian. Nuranisa *et al.* (2020), juga menunjukkan pengaruh erat antara umur pohon dan stok karbon. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh curah hujan terhadap stok karbon pada perkebunan kelapa sawit dengan berbagai kelas umur, sekaligus memberikan rekomendasi strategi pengelolaan yang adaptif untuk mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit nasional dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di perkebunan PT. Sari Lembah Subur, Desa Genduang, Kecamatan Pangkalan Lesung, Kabupaten Pelalawan, Riau pada Maret–Mei 2025. Data curah hujan lima tahun terakhir (2020–2024) diperoleh dari data perusahaan. Penelitian ini menggunakan sampel Tanaman Menghasilkan Kelapa Sawit dengan variasi kelas umur; tanaman muda (3 – 8 tahun), Tanaman Kelapa Sawit Remaja (9 – 14 tahun), dan Tanaman

Kelapa Sawit Tua(> 21 tahun). Pengambilan sampel dilakukan dengan metode kuadran berukuran 20 m x 60 m dengan 3 kali ulangan, dengan 1 plot masing-masing terdiri atas 10 pokok pada setiap variasi kelas umur. Pengambilan vegetasi bawah diambil menggunakan petak ukur dengan ukuran 1 m x 1 m sebanyak 1 sampel yang diletakkan pada setiap petak pengukuran biomassa tegakan kelapa sawit. Analisis data dilakukan dengan regresi untuk menguji pengaruh curah hujan dengan stok karbon dan ANOVA untuk menganalisis perbedaan antar umur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi nyata antara curah hujan dengan umur tanaman, namun tetap berpengaruh secara independen terhadap stok karbon kelapa sawit. Variasi curah hujan tahunan di lokasi penelitian (1.279–2.234 mm) menunjukkan bahwa distribusi yang merata cenderung meningkatkan pertumbuhan vegetatif, sementara defisit air, meskipun relatif singkat (<100 mm), tetap berpotensi memperlambat pembentukan pelepah baru dan akumulasi biomassa. Hal ini menegaskan bahwa ketersediaan air dari curah hujan berperan penting sebagai faktor pengendali laju pertumbuhan karbon yang tersimpan.

Tabel 1. Data karakteristik curah hujan tahunan

Tahun	Curah Hujan	Hari Hujan	Intensitas Hujan (mm/hari)	Defisit Air	Jumlah Bulan Basah
2020	1279,0	87	14,7	201,0	5
2021	2129,3	168	12,7	68,1	11
2022	1950,1	139	14,0	0,0	10
2023	2234,4	139	16,1	115,8	9
2024	1845,4	135	13,7	69,0	9

Data menunjukkan bahwa curah hujan tahunan di lokasi penelitian bervariasi antara 1.279–2.234 mm dengan jumlah hari hujan 87–168 hari. Tahun 2020 mencatat curah hujan terendah (1.279 mm) dengan defisit air tertinggi (201 mm). Kondisi ini berpotensi menimbulkan cekaman air yang menghambat pertumbuhan pelepah baru dan menurunkan laju fotosintesis. Sebaliknya, tahun 2023 mencatat curah hujan tertinggi (2.234 mm) dengan defisit air 115,8 mm, yang meskipun lebih baik, tetap menunjukkan adanya periode kekeringan singkat.

Perbandingan Stok Karbon Kelapa Sawit berdasarkan Umur Tanaman Kelapa Sawit

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa umur tanaman kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap stok karbon yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada stok karbon kelapa sawit antar kelompok umur yang diamati. Perbandingan biomassa kelapa sawit dan stok karbon berdasarkan umur tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan stok karbon kelapa sawit berdasarkan umur tanaman kelapa sawit

Umur Tanaman	Stok karbon kelapa sawit (ton/ha)			Total	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
5 tahun	3,72	4,02	3,08	10,82	3,61 b
11 tahun	14,43	13,62	9,35	37,39	12,46 ab
31 tahun	144,51	178,31	179,89	502,71	167,57 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Pada Tabel 2 terlihat bahwa stok karbon kelapa sawit pada tanaman kelapa sawit berumur 31 tahun menghasilkan stok karbon tertinggi, dan nilainya berbeda nyata dibandingkan dengan umur 5 tahun, namun tidak berbeda nyata dengan umur 11 tahun. Pada umur 11 tahun, stok karbon berada pada posisi tengah, sehingga tidak berbeda nyata dengan umur 5 tahun maupun 31 tahun. Sementara itu, tanaman berumur 5 tahun memiliki stok karbon terendah, yang berbeda nyata dengan umur 31 tahun tetapi tidak berbeda nyata dengan umur 11 tahun.

Perbandingan Stok Karbon Vegetasi Bawah berdasarkan Umur Tanaman Kelapa Sawit

Hasil sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa umur tanaman kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap stok karbon vegetasi bawah ($p < 0,05$). Artinya, terdapat perbedaan akumulasi Stok karbon vegetasi bawah pada kebun kelapa sawit dengan umur tanaman yang berbeda. Perbandingan stok karbon vegetasi bawah berdasarkan umur tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Perbandingan Stok karbon vegetasi bawah berdasarkan umur tanaman kelapa sawit

Umur Tanaman	Stok karbon vegetasi bawah (ton/ha)			Total	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
5 tahun	0,17	0,19	0,18	0,54	0,18 b
11 tahun	0,13	0,16	0,17	0,45	0,15 b
31 tahun	0,34	0,20	0,22	0,75	0,25 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT taraf 5%

Pada tabel 3 menunjukkan stok karbon vegetasi bawah pada umur tanaman 5 tahun dan umur 11 tahun adalah sama, dan stok karbon vegetasi bawah didapat paling banyak pada umur 31 tahun.

Perbandingan Stok Karbon Total Kebun berdasarkan Umur Tanaman Kelapa Sawit

Hasil sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa umur tanaman kelapa sawit berpengaruh sangat nyata terhadap biomassa total kebun dan stok karbon yang dihasilkan. Hal ini berarti bahwa perbedaan umur tanaman menyebabkan perbedaan akumulasi biomassa secara signifikan. Perbandingan biomassa total kebun berdasarkan umur tanaman

kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Perbandingan stok karbon total kebun berdasarkan umur tanaman kelapa sawit

Umur Tanaman	Stok karbon total (ton/ha)			Total	Rerata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
5 tahun	3,89	4,17	3,26	11,32	3,77 b
11 tahun	14,56	13,77	9,51	37,84	12,61 b
31 tahun	144,85	178,50	180,11	503,46	167,82 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT taraf 5%.

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa stok karbon total kebun pada umur 5 tahun dan stok karbon total kebun di umur 11 tahun adalah sama. Stok karbon pada total kebun tertinggi ada pada tanaman kelapa sawit umur 31 tahun. Hal ini terjadi karena semakin tua umur tanaman kelapa sawit maka biomasanya akan bertambah baik itu diameter batang, tinggi tanaman, ukuran pelepah, dan ukuran buah yang dihasilkan (Gromikora et al., 2014).

Stok karbon total kebun pada umur 5 tahun menunjukkan tidak berpengaruh nyata pada umur 11 tahun, tetapi berpengaruh nyata terhadap stok karbon total pada fase umur 31 tahun. Pada umur 11 tahun, stok karbon berada pada posisi tengah, sehingga tidak berbeda nyata dengan umur 5 tahun maupun 31 tahun. Pada stok karbon kelapa sawit di umur 31 tahun memperoleh hasil tertinggi. Jika dikaitkan dengan kondisi iklim pada data curah hujan 2023 dan 2024 dimana pada saat itu mengalami defisit sebesar 115,8 mm pada tahun 2023 dan defisit sebesar 69 mm pada tahun 2024. Kesesuaian iklim untuk menunjang pertumbuhan kelapa sawit ditentukan oleh curah hujan tahunan antara 1.750–3.000 mm dengan batas defisit air maksimal 150 mm per tahun (Corley & Tinker, 2016).. Hal ini menunjukkan defisit air masih dibawah batas maksimal dan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap akumulasi stok karbon kelapa sawit. Peningkatan ini menunjukkan bahwa umur tanaman merupakan faktor utama dalam menentukan akumulasi biomassa dan cadangan karbon, dengan kontribusi terbesar berasal dari tanaman utama. Temuan ini sejalan dengan penelitian Tsiwiyati (2024) yang menyatakan bahwa stok karbon total meningkat seiring pertambahan umur sehingga menjadi faktor dominan dalam penentuan cadangan karbon.

Stok karbon vegetasi bawah pada umur muda 5 tahun dan umur 11 tahun memberikan nilai yang sama. stok karbon pada vegetasi bawah didapat paling banyak pada umur 31 tahun. Untuk melihat pengaruh curah hujan terhadap vegetasi bawah, dapat dilihat pada curah hujan 1 tahun sebelumnya. Jumlah defisit sebesar 69 mm tidak memberikan pengaruh yang nyata. Jumlah hari hujan pada tahun 2024 sebesar 135 hari. Menurut Yahya *et al.* (2022) Vegetasi bawah umumnya membutuhkan distribusi hujan yang merata dengan frekuensi sekitar 10–15 hari hujan per bulan atau setara dengan 120–180 hari hujan per tahun agar kelembaban tanah tetap terjaga dan biomassa dapat tumbuh optimal. Angka hari hujan pada tahun 2024 sesuai dengan kebutuhan vegetasi bawah maupun kelapa sawit. Pada kondisi

tersebut keseimbangan kelembaban tanah masih terjaga sehingga cadangan karbon dari vegetasi bawah dan serasah meningkat. Alfarizi *et al.* (2023) menjelaskan peran tanaman penutup tanah dalam meningkatkan kandungan karbon organik dan nitrogen total. Kondisi ini dipengaruhi oleh faktor mikroklimat khas pada kanopi tua, yaitu suhu yang lebih rendah, kelembaban udara tinggi, serta penetrasi cahaya yang cukup sehingga mendukung fotosintesis dan menekan laju respirasi vegetasi bawah (Aththorick, 2005). Selain itu, akumulasi serasah organik serta minimnya pengendalian gulma pada fase tua meningkatkan peluang tumbuhnya vegetasi bawah, yang pada akhirnya menambah kontribusi terhadap cadangan karbon kebun. Stok karbon vegetasi bawah pada fase tua menunjukkan adanya pengaruh kondisi lingkungan mikro yang khas pada tegakan kelapa sawit di umur tua.

Pada stok karbon total kebun di umur 5 tahun memberikan nilai yang sama terhadap stok karbon pada umur 11 tahun, pada umur 5 tahun dan 11 tahun tidak memberikan pengaruh yang nyata, akan tetapi memiliki nilai yang berbeda. Hal ini dikarenakan stok karbon vegetasi bawah pada umur 11 tahun memberikan pengaruh terhadap total stok karbon. Sehingga memberikan hasil yang sama terhadap stok karbon total kelapa sawit pada umur 5 tahun. Stok karbon total pada umur 31 tahun memberikan nilai yang terbaik. Apabila kita hubungkan dengan curah hujan pada tahun 2023-2024 yang mana terjadi defisit sebesar 115,8 mm pada tahun 2023 dan defisit sebesar 69 mm pada tahun 2024 tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pembentukan biomassa, total curah hujan cukup tinggi, adanya defisit air musiman pada kedua tahun tersebut menunjukkan bahwa distribusi hujan berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif kelapa sawit.

Secara keseluruhan, akumulasi stok karbon pada perkebunan kelapa sawit ditentukan oleh kombinasi antara umur tanaman, manajemen tajuk, dan distribusi curah hujan. Umur tanaman menentukan kapasitas biomassa, manajemen tajuk memengaruhi efisiensi fotosintesis melalui jumlah pelepah aktif, sedangkan ketersediaan air mengendalikan pembentukan pelepah baru (Corley & Tinker, 2016). Oleh karena itu, pengelolaan perkebunan yang memperhatikan faktor umur dan iklim menjadi kunci untuk meningkatkan peran kelapa sawit dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon.

KESIMPULAN

Stok karbon kelapa sawit pada masing-masing umur meningkat seiring dengan bertambahnya umur pada tanaman muda (3,61 ton/ha), remaja (12,46 ton/ha), dan tua (167,57 ton/ha). Stok karbon pada vegetasi bawah menunjukkan pada umur muda (0,18 ton/ha), lalu cenderung menurun pada umur remaja (0,15 ton/ha), kemudian stok karbon vegetasi bawah meningkat pada umur tua (0,25 ton/ha). Dan total stok karbon di perkebunan kelapa sawit per ha, dari akumulasi stok karbon kelapa sawit dan vegetasi bawah pada masing-masing umur juga meningkat seiring bertambahnya umur pada tanaman muda (3,77

ton/ha) remaja (12,61), tua (>21 tahun, 167,82 ton/ha).

Kondisi curah hujan pada tahun 2023 -2024 yang terjadi defisit sebesar 115,8 mm pada tahun 2023 dan 2024 terjadi defisit 69 mm tidak mempengaruhi secara langsung pertumbuhan kelapa sawit, namun dapat memengaruhi dinamika vegetasi bawah dan pembentukan pelepah jika distribusi hari hujan tidak merata. Jumlah hari hujan sebanyak 135 hari pada tahun 2024 masih berada dalam kisaran yang mendukung pertumbuhan vegetasi bawah (120–180 hari/tahun), sehingga kontribusi vegetasi bawah terhadap stok karbon tetap terjaga meskipun terjadi defisit air ringan (69 mm). Vegetasi bawah menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik melalui mekanisme konservasi air dan pemanfaatan kelembaban mikro di bawah kanopi kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarizi, T., Khalil, M., & Yusnizar, Y. (2023). Kajian Stok Karbon Organik Dan Nitrogen Total Tanah Pada Beberapa Jenis Tanaman Penutup Tanah Di Kebun Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara I Kota Langsa. *Rona Teknik Pertanian*, 16(2), 194–203. <https://doi.org/10.17969/rtp.v16i2.34349>
- Anggraini, S., Afriyanti, N., & Arifin, Y. W. (2022). Pendugaan Cadangan Karbon Kelapa Sawit pada Kelas Umur Tanaman Dewasa dan Tua pada Lahan Tanam Berpirit. In *AGRITECH* (Issue 1).
- Aththorick, T. A. (2005). Kemiripan Komunitas Tumbuhan Bawah pada Beberapa Tipe Ekosistem Perkebunan di Kabupaten Labuhan Batu. *Jurnal Komunikasi Penelitian*, 17(5), 42–48.
- Azizah, F. (2021). *Pengaruh Pola Curah Hujan Terhadap Produktivitas Padi di Kecamatan Bukateja Kabupaten Purbalingga*. 18(1).
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). *The Palm Oil, Fifth Edition*. Willey Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118953297>
- Gromikora, N., Yahya, S., & Suwanto, D. (2014). Permodelan Pertumbuhan dan Produksi Kelapa Sawit pada Berbagai Taraf Penunasan Pelepah Growth and Production Modeling of Oil Palm at Different Levels of Frond Pruning. In *J. Agron. Indonesia* (Vol. 42, Issue 3).
- Harahap, F. S., Purba, J., & Rauf, A. (2021). Hubungan Curah Hujan dengan Pola Ketersediaan Air Tanah terhadap Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Dataran Tinggi. *Agrikultura*, 32(1), 37. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i1.27248>
- Kurniawan, A., Rusmarini, U. K., & Yuniasih, B. (2018). Kajian Curah Hujan Dan Defisit Air Terhadap Produksi Di Beberapa Divisi Kebun Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq). *Jurnal Agromast*, 3(1), 5–24.
- Nuranisa, S., Sudiana, E., & Yani, E. (2020). *Hubungan Umur dengan Stok Karbon Pohon Duku (Lansium parasiticum) Di Desa Kalikajar Kecamatan Kaligondang Kabupaten Purbalingga*. 2, 146–151.
- Purba, J. H. V., & Sipayung, T. (2017). Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial Indonesia*, 43(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.14203/jmi.v43i1.717>
- Tsiwiyati, D. N. (2024). *Transformasi Industri Kelapa Sawit: Hilirisasi Berkelanjutan Menghadapi Daya Saing Global dan Ekonomi Hijau*. 6(2), 27–45. <https://doi.org/10.36841/growth-journal.v21i2.3971>
- Yahya, S., Mira Ariyanti, & Yenni Asbur. (2022). Perpektif Baru: Manajemen Vegetasi Bawah Tegakan Pada Budidaya Kelapa Sawit Berkelanjutan. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 50(3), 343–356. <https://doi.org/10.24831/jai.v50i3.44605>