

perpus 9

skripsi_22662_sesudah semhas

 23 SEPTEMBER 2025-3

 CEK TURNITIN

 INSTIPER

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3349593831

Submission Date

Sep 24, 2025, 8:58 AM GMT+7

Download Date

Sep 24, 2025, 9:07 AM GMT+7

File Name

BISMILLAH_ACC_SKRIPSI_100_SAH.docx

File Size

1.3 MB

36 Pages

7,811 Words

48,278 Characters

19% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

- 17%  Internet sources
- 8%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 17% Internet sources
- 8% Publications
- 4% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	text-id.123dok.com	2%
2	Internet	repository.uinsu.ac.id	1%
3	Internet	repository.ub.ac.id	1%
4	Internet	jurnal.unprimdn.ac.id	1%
5	Internet	eprints.instiperjogja.ac.id	1%
6	Internet	95525bdc865b3f5381720c5ba91c494ff29d8cd5.googledrive.com	<1%
7	Internet	docplayer.info	<1%
8	Student papers	FAKULTAS PERTANIAN	<1%
9	Internet	www.kompasiana.com	<1%
10	Internet	123dok.com	<1%
11	Internet	www.scribd.com	<1%

12	Publication	Adhy Ardiyanto, Kukuh Murtalaksono, Enni Dwi Wahjunie, Atang Sutandi. "Pengar...	<1%
13	Internet	digilibadmin.unismuh.ac.id	<1%
14	Internet	id.123dok.com	<1%
15	Internet	palmoilina.asia	<1%
16	Internet	digilib.unila.ac.id	<1%
17	Internet	www.jurnal.unsyiah.ac.id	<1%
18	Internet	ulfatuarief.blogspot.com	<1%
19	Publication	Ivan Taslim. "Analisis Kesesuaian Iklim Untuk Lahan Perkebunan Di Kabupaten B...	<1%
20	Student papers	Sriwijaya University	<1%
21	Internet	jurnalagriepat.wordpress.com	<1%
22	Internet	perhorti.id	<1%
23	Internet	repository.uinjkt.ac.id	<1%
24	Publication	Leonard S Ampung, Endy Endy, Sastori Aryanto. "Potensi Sektor Pariwisata Mang...	<1%
25	Internet	journal.ipb.ac.id	<1%

26	Internet	repository.uma.ac.id	<1%
27	Internet	smujo.id	<1%
28	Student papers	Universitas Sebelas Maret	<1%
29	Internet	adoc.pub	<1%
30	Internet	eprints.stiebankbpdjateng.ac.id	<1%
31	Internet	pt.scribd.com	<1%
32	Internet	repository.unwidha.ac.id	<1%
33	Internet	gawbkt.id	<1%
34	Internet	journal.instiperjogja.ac.id	<1%
35	Student papers	Universitas Jember	<1%
36	Student papers	Universitas Diponegoro	<1%
37	Internet	vdocuments.site	<1%
38	Student papers	Universitas Bengkulu	<1%
39	Internet	journal.unhas.ac.id	<1%

40	Internet	jurnal.poliupg.ac.id	<1%
41	Internet	www.infosawit.com	<1%
42	Internet	zombiedoc.com	<1%
43	Internet	infonews.id	<1%
44	Internet	www.coursehero.com	<1%
45	Internet	docobook.com	<1%
46	Internet	edukasimu.org	<1%
47	Internet	journal.binus.ac.id	<1%
48	Internet	jurnal.umnu.ac.id	<1%
49	Internet	nanopdf.com	<1%
50	Internet	ppjp.ulm.ac.id	<1%
51	Publication	Iput Pradiko, Suroso Rahutomo, Eko Noviandy Ginting, Hasril Hasan Siregar. "MO...	<1%
52	Student papers	Politeknik Negeri Bandung	<1%
53	Internet	core.ac.uk	<1%

54	Internet	ejournal.unesa.ac.id	<1%
55	Internet	media.neliti.com	<1%
56	Internet	www.researchgate.net	<1%
57	Publication	Nurfatriani F., Ramawati, Sari G.K., Komarudin H.. "Optimalisasi dana sawit dan p...	<1%
58	Publication	Salwa Lubnan Dalimoenthe, Y Apriana, T June. "The effect of climate change on ra...	<1%
59	Internet	biologi.fst.unair.ac.id	<1%
60	Internet	es.slideshare.net	<1%
61	Internet	metroball.com	<1%
62	Internet	ojs.unm.ac.id	<1%
63	Internet	reformed.sabda.org	<1%
64	Internet	repository.ipb.ac.id	<1%
65	Internet	www.iesr.or.id	<1%
66	Publication	Windari Anggraini, Yuyun Fitriana, Agus M. Hariri, Purnomo Purnomo. "PATOGEN...	<1%
67	Publication	Farizaldi Farizaldi. "Produktivitas Hijauan Makanan Ternak Pada Lahan Perkebun...	<1%

68

Internet

doku.pub

<1%

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu dampak nyata dari perubahan iklim adalah perubahan pola curah hujan. Kondisi ini berimplikasi besar pada sektor pertanian, termasuk perkebunan kelapa sawit. Kelapa sawit idealnya ditanam di lokasi yang curah hujannya merata sepanjang tahun, namun dengan terjadinya perubahan iklim juga berdampak pada curah hujan di perkebunan kelapa sawit. Curah hujan yang fluktuatif dapat memengaruhi fisiologi tanaman, terutama proses fotosintesis, sehingga berdampak pada pertumbuhan vegetatif, pembentukan biomassa, dan penyimpanan karbon. Menurut Azizah *et al.* (2021) menegaskan bahwa pola curah hujan yang tidak teratur menjadi faktor pembatas dalam produksi pertanian. Pada akhirnya memengaruhi kapasitas ekosistem dalam menyimpan karbon.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia. Tidak hanya berperan penting dalam perekonomian nasional dan global, kelapa sawit juga memiliki peran ekologis sebagai penyerap karbon dioksida. Melalui proses fotosintesis, kelapa sawit mampu menyerap CO₂ dalam jumlah besar dan menyimpannya dalam bentuk biomassa batang, pelepah, daun, dan akar. Anggraini (2021) menyebutkan bahwa kebun kelapa sawit secara netto dapat menyerap hingga 64,5 ton CO₂ per hektar per tahun, lebih tinggi dibandingkan hutan hujan tropis. Hal ini menjadikan perkebunan kelapa sawit relevan dalam diskursus mitigasi perubahan iklim.

Namun demikian, kemampuan kelapa sawit dalam menyimpan karbon sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama curah hujan. Curah hujan yang optimal (1.750–3.000 mm/tahun) dengan distribusi merata dapat meningkatkan laju fotosintesis, pertumbuhan pelepah, dan akumulasi biomassa. Sebaliknya, kekurangan curah hujan dapat menyebabkan cekaman air yang menurunkan produktivitas tanaman, sedangkan curah hujan berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan fisik dan menurunkan serapan karbon (Harahap *et al.* 2021). Dengan kata lain, stok karbon pada perkebunan kelapa sawit merupakan hasil interaksi antara faktor biotik (umur tanaman, biomassa vegetasi bawah) dan faktor abiotik (curah hujan, kondisi tanah, dan pengelolaan lahan).

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas stok karbon pada perkebunan sawit Anggraini (2022), menemukan bahwa umur tanaman merupakan faktor penting yang memengaruhi besarnya karbon tersimpan, karena tanaman dewasa dan tua memiliki cadangan karbon jauh lebih besar dibandingkan tanaman muda. Penelitian lain oleh Alfarizi *et al.* (2023) menjelaskan peran tanaman penutup tanah dalam meningkatkan kandungan karbon organik dan nitrogen total. Nuranisa *et al.* (2020), juga menunjukkan hubungan erat antara umur pohon dan stok karbon. Namun, sebagian besar kajian masih menekankan faktor umur tanaman atau pengelolaan lahan, sementara hubungan spesifik antara curah hujan dan stok karbon di perkebunan kelapa sawit belum banyak diteliti secara mendalam.

47 Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai hubungan curah hujan dengan stok karbon pada perkebunan kelapa sawit menjadi penting untuk dilakukan. Hal ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman 10 yang lebih komprehensif mengenai bagaimana variabilitas curah hujan memengaruhi akumulasi biomassa dan 11 penyimpanan karbon pada kelapa sawit dengan berbagai kelas umur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengelolaan perkebunan sawit yang lebih adaptif dan berkelanjutan, serta mendukung upaya mitigasi perubahan iklim dan pencapaian target pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-13 yaitu penanganan perubahan iklim.

Meskipun studi terdahulu telah memberikan wawasan penting mengenai stok karbon pada berbagai ekosistem tanaman, masih terdapat celah penelitian terkait bagaimana variasi curah hujan secara langsung memengaruhi stok karbon, khususnya pada perkebunan kelapa sawit. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih menekankan pada faktor umur tanaman, jenis vegetasi, maupun praktik pengelolaan lahan, namun belum secara komprehensif menjelaskan peran curah hujan sebagai faktor ekohidrologis utama. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih holistik dengan menganalisis kontribusi curah hujan terhadap dinamika stok karbon di perkebunan sawit. Kajian ini diharapkan mampu memberikan pemahaman lebih mendalam, sekaligus mendukung strategi pengelolaan lahan yang adaptif terhadap perubahan iklim, sehingga keberlanjutan produksi kelapa sawit di Indonesia dapat terjaga.

B. Rumusan Masalah

7 Curah hujan sebagai unsur iklim sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit, dan vegetasi di bawahnya, yang secara langsung memengaruhi proses fotosintesis dan terjadi akumulasi biomassa sebagai stok karbon. Selain itu, umur tanaman juga mempengaruhi penyerapan dan penyimpanan karbon, diduga tanaman yang lebih tua cenderung memiliki simpanan karbon yang lebih besar, karena seiring meningkatnya umur tanaman maka terjadi peningkatan ukuran tanaman yang merupakan bagian dari proses pertumbuhan.

Oleh karena itu, penting untuk mempelajari bagaimana variasi intensitas dan distribusi curah hujan dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman dan jumlah karbon yang tersimpan dalam berbagai vegetasi di perkebunan, yang terdapat pada batang, daun, dan akar tanaman kelapa sawit dengan umur yang berbeda. Perlu diteliti respon tanaman terhadap curah hujan berdasarkan fase pertumbuhannya, serta faktor-faktor lain yang mungkin berinteraksi dengan curah hujan, seperti jenis tanah, praktik pengelolaan lahan, dan umur tanaman, yang dapat memengaruhi penyerapan karbon. Dengan menganalisis data curah hujan dan stok karbon yang ditunjukkan oleh pertumbuhan tanaman, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan hubungan yang signifikan, dan memberikan rekomendasi untuk pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik mengenai pengaruh curah hujan dalam mendukung ketersediaan karbon, serta implikasinya terhadap strategi mitigasi perubahan iklim dan pengelolaan sumber daya alam di kawasan perkebunan kelapa sawit.

32 C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghitung biomassa (stok karbon) di perkebunan kelapa sawit pada berbagai umur
2. Menganalisis pengaruh antara curah hujan dengan stok karbon di perkebunan kelapa sawit pada berbagai umur.

D. Manfaat Penelitian

30 Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman tentang faktor-faktor yang
mempengaruhi stok karbon di perkebunan kelapa sawit, khususnya dalam konteks hubungan dengan curah
11 hujan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi pengelolaan stok
23 karbon yang lebih efektif dan berkelanjutan di perkebunan kelapa sawit. Penelitian ini juga diharapkan dapat
memberikan informasi yang berguna bagi para pemangku kepentingan dalam industri kelapa sawit untuk
28 meningkatkan praktik-praktik yang ramah lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman tropis yang berasal dari Afrika Barat dan kini menjadi salah satu komoditas utama di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia. Dari sisi taksonomi, kelapa sawit diklasifikasikan ke dalam Kingdom Plantae, Divisi Embryophyta, Kelas Angiospermae, Ordo Monocotyledonae, Famili Arecaceae, Subfamili Cocoideae, dan Genus *Elaeis*, yang mencakup beberapa spesies, seperti *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*, dan *Elaeis odor* (Wardani *et al.* 2020).

Tanaman kelapa sawit memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena menjadi bahan baku utama minyak sawit mentah (CPO) yang digunakan pada industri pangan, kosmetika, hingga energi terbarukan. Selain perannya dalam sektor ekonomi, kelapa sawit juga berkontribusi secara ekologis, khususnya sebagai penyerap karbon dioksida (CO₂) melalui proses fotosintesis. Dengan siklus hidup mencapai 25–30 tahun, sistem perakaran yang intensif, serta pertumbuhan yang relatif cepat, kelapa sawit berfungsi sebagai “mesin biologis” yang mampu menyerap dan menyimpan karbon dalam jumlah besar baik pada biomassa di atas permukaan tanah (batang, pelepah, daun) maupun di bawah permukaan tanah (akar dan serasah) (Tsiwiyati 2024).

Pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya umur tanaman, jarak tanam, dan kondisi agroklimat.

Indikator utama yang digunakan untuk menilai pertumbuhan vegetatif kelapa sawit adalah tinggi batang, diameter batang, dan jumlah pelepah aktif (Corley & Tinker, 2016). Pada umur 1–3 tahun (fase muda), tanaman umumnya memiliki tinggi 1,5–3 meter, diameter batang <20 cm, dan jumlah pelepah 30–40 helai, dengan energi lebih banyak dialokasikan untuk perkembangan akar dan daun muda (Henson, 2006). Memasuki umur 4–7 tahun (fase menghasilkan awal), tinggi batang meningkat menjadi 3–6 meter, diameter batang 25–35 cm, dan jumlah pelepah aktif mencapai 48–56 helai, menandakan perkembangan tajuk yang optimal (Prasetyo *et al.*, 2014). Fase remaja (8–14 tahun) merupakan puncak pertumbuhan vegetatif dengan tinggi 6–12 meter, diameter batang 35–45 cm, dan jumlah pelepah 40–48 helai. Setelah umur 15 tahun (fase dewasa–tua), pertumbuhan melambat; tinggi batang mencapai 12–18 meter, diameter >45 cm, tetapi jumlah

pelepah aktif berkurang menjadi 32–36 helai akibat manajemen tajuk dan penuaan fisiologis (Pamin *et al.*, 2015).

Pertumbuhan kelapa sawit mengikuti pola kurva sigmoid yang terdiri dari tiga fase, yaitu pertumbuhan awal yang lambat (fase lag), diikuti percepatan pertumbuhan vegetatif (fase eksponensial), dan kemudian



melambat ketika tanaman mencapai fase dewasa (fase stasioner) (Khozila *et al.* 2023). Untuk memudahkan pemahaman, standar pertumbuhan vegetatif kelapa sawit berdasarkan umur dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

(Migolet *et al.* 2020)

Pertumbuhan kelapa sawit mengikuti pola kurva sigmoid yang terdiri dari tiga fase, yaitu pertumbuhan awal yang lambat (fase lag), diikuti percepatan pertumbuhan vegetatif (fase eksponensial), dan kemudian melambat ketika tanaman mencapai fase dewasa (fase stasioner) (Khozila *et al.* 2023). Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa pertumbuhan vegetatif kelapa sawit mengikuti pola sigmoid. Pada fase muda (1–3 tahun), peningkatan tinggi dan diameter batang relatif lambat karena energi tanaman lebih difokuskan untuk pembentukan akar dan daun muda. Memasuki fase menghasilkan awal (4–7 tahun), laju pertumbuhan meningkat signifikan yang ditunjukkan oleh bertambahnya tinggi, diameter, dan jumlah pelepah aktif. Fase remaja atau fase eksponensial (8–14 tahun) menjadi puncak pertumbuhan vegetatif dengan akumulasi biomassa dan stok karbon yang maksimal. Namun, setelah tanaman memasuki fase dewasa–tua (>15 tahun), laju pertumbuhan mulai menurun, jumlah pelepah berkurang, dan produktivitas cenderung menurun. Pola ini menunjukkan bahwa fase remaja merupakan periode paling krusial bagi akumulasi stok karbon dalam perkebunan kelapa sawit (Harahap *et al.* 2021).

Salah satu karakteristik fisiologis penting pada kelapa sawit adalah pertumbuhan pelepah. Pertumbuhan

pelepah yang normal berkisar 20–24 pelepah per tahun atau setara 1,6–2 pelepah per bulan. Pelepah berperan vital dalam fotosintesis karena menjadi organ utama penyerapan cahaya dan mendukung pembentukan tandan buah. Jumlah pelepah aktif yang optimal akan meningkatkan efisiensi fotosintesis, sedangkan pemangkasan berlebihan dapat menurunkan produktivitas tanaman. Jumlah pelepah yang harus dipertahankan untuk tanaman berumur 4-7 tahun yaitu berjumlah 48-56 pelepah, kemudian pada umur tanaman 8-14 tahun pelepah yang harus dipertahankan berjumlah 40-48 pelepah, dan juga untuk tanaman yang berumur >15 tahun pelepah yang dipertahankan berjumlah 32-36 pelepah. Tanaman yang memiliki jumlah <40 pelepah per pohon dapat merangsang pertumbuhan bunga jantan yang lebih banyak, begitu juga sebaliknya jika > 56 pelepah per pohon dapat menimbulkan busuk tandan dan dapat menyulitkan panen.

Kontribusi pelepah terhadap stok karbon juga cukup signifikan. Menurut (Khozila *et al.* 2023), biomassa pelepah dan *frond base* (pangkal pelepah yang masih menempel di batang) dapat meningkatkan estimasi stok karbon hingga 11% dibanding metode konvensional yang hanya menghitung biomassa bagian atas tanaman. Sejalan dengan itu, PASPI (2023) melaporkan bahwa besarnya potensi karbon stok pada perkebunan sawit yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Karena akumulasi biomassa batang dan pelepah yang lebih besar.

Dengan demikian, kelapa sawit tidak hanya penting secara ekonomi tetapi juga memiliki peran strategis dalam aspek ekologi, khususnya dalam mitigasi perubahan iklim. Pertumbuhan normal pelepah dan dinamika biomassa yang dipengaruhi oleh faktor umur, jarak tanam, serta curah hujan, menjadikan kelapa sawit sebagai indikator penting dalam penelitian terkait akumulasi biomassa dan stok karbon pada ekosistem perkebunan berkelanjutan.

B. Curah Hujan

Indonesia sebagai negara tropis memiliki dua musim utama, yaitu musim hujan yang terjadi pada Oktober–Maret dan musim kemarau yang terjadi pada April–September. Namun, perubahan iklim global menyebabkan ketidakpastian dalam periode berlangsungnya kedua musim tersebut, sehingga menimbulkan

44 risiko kekurangan pasokan air di beberapa wilayah. Ketersediaan air yang dipengaruhi oleh curah hujan sangat penting tidak hanya bagi kehidupan manusia, tetapi juga bagi sektor pertanian, perkebunan, dan industri.

68 Curah hujan didefinisikan sebagai jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk hujan, salju, atau hujan es, yang pada wilayah tropis umumnya hanya berupa air hujan. Elemen iklim ini dipengaruhi oleh berbagai parameter atmosfer, seperti suhu udara, tekanan udara, kelembaban, arah dan kecepatan angin, serta topografi suatu wilayah (Bastini 2024).

55 Dalam ekosistem, curah hujan memegang peran penting karena menentukan ketersediaan air tanah, produktivitas vegetasi, dan siklus karbon. Curah hujan yang mencukupi mendukung pertumbuhan vegetasi, meningkatkan biomassa, dan pada akhirnya memperbesar stok karbon yang tersimpan. Sebaliknya, defisit curah hujan menghambat proses fotosintesis, memperlambat pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan risiko degradasi lahan, yang berimplikasi pada menurunnya cadangan karbon (Nandini & Hadi Narendra 2011). Curah hujan juga memengaruhi ketersediaan unsur hara, karena air hujan membantu melarutkan unsur hara.

Di Indonesia, variasi suhu udara relatif kecil, namun variasi curah hujan sangat tinggi, sehingga menjadikannya unsur iklim yang paling sering dianalisis dalam penelitian agroklimat. Curah hujan tidak hanya berperan dalam pertumbuhan tanaman utama, tetapi juga dalam penguraian bahan organik di tanah. Ketersediaan air yang cukup akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga mendukung terbentuknya karbon organik tanah. Sebaliknya, curah hujan yang rendah menyebabkan berkurangnya biomassa, menurunnya aktivitas mikroba, dan berkurangnya stok karbon secara keseluruhan (Rejekiingrum 2014).

38 Dari sisi iklim, kelapa sawit tumbuh optimal pada daerah dengan curah hujan 1.750–3.000 mm/tahun dengan distribusi merata dan periode kering kurang dari tiga bulan (Corley & Tinker 2016). Fluktuasi curah hujan akibat perubahan iklim juga berimplikasi pada pertumbuhan vegetasi bawah di perkebunan. Kekeringan berkepanjangan dapat menimbulkan stres fisiologis pada tanaman, menurunkan produktivitas, bahkan memengaruhi interaksi tanaman dengan patogen. Sebaliknya, curah hujan berlebihan dapat menyebabkan pencucian hara, banjir, atau peningkatan kelembaban yang berlebihan sehingga memengaruhi keanekaragaman vegetasi. Dampak-dampak ini secara langsung memengaruhi proses ekologi penting, seperti

penyerbukan, pengendalian hama alami, serta fungsi ekosistem dalam penyimpanan karbon (Harahap *et al.* 2021).

Selain umur dan jumlah pelepah, variabilitas curah hujan juga memengaruhi pertumbuhan dan stok karbon kelapa sawit. Curah hujan yang optimal dapat menjaga kelembaban tanah yang mendukung perkembangan akar, vegetasi bawah, serta dekomposisi serasah yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan cadangan karbon (karina *et al.* 2022). Sebaliknya, defisit air akibat curah hujan rendah dapat menurunkan produktivitas. Defisit air juga dapat menunda pembukaan pelepah muda sehingga dapat menurunkan biomassa. Sementara curah hujan berlebihan dapat memicu pencucian unsur hara dan menurunkan efisiensi fotosintesis (Yolanda *et al.* 2024).

Selain jumlah curah hujan tahunan, analisis defisit air juga penting untuk memahami dampaknya terhadap pertumbuhan kelapa sawit. Defisit air terjadi ketika kebutuhan evapotranspirasi tanaman tidak sebanding dengan curah hujan yang tersedia. Menurut (Pradiko 2020), defisit air tahunan yang melebihi 150 mm dapat menghambat pembentukan pelepah dan menurunkan produktivitas. Penelitian lain menyebutkan bahwa defisit lebih dari 100 mm sudah berpotensi mengurangi jumlah pelepah baru serta akumulasi biomassa.

Dengan demikian, curah hujan merupakan faktor iklim yang krusial dalam menjaga keseimbangan ekosistem, baik melalui perannya dalam mendukung pertumbuhan vegetasi maupun dalam menjaga siklus karbon. Dalam konteks perkebunan kelapa sawit, curah hujan optimal menjadi syarat penting untuk mendukung pertumbuhan tajuk, perkembangan pelepah, serta akumulasi biomassa yang pada akhirnya menentukan besarnya cadangan karbon. Oleh karena itu, perubahan pola curah hujan akibat perubahan iklim perlu diantisipasi melalui strategi adaptasi, seperti pengelolaan sumber daya air, pemilihan varietas tanaman yang lebih toleran terhadap cekaman iklim, serta penerapan praktik pertanian berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan cadangan karbon (Nandini & Hadi Narendra 2011).

C. Stok Karbon :Biomassa pada Perkebunan Kelapa Sawit

Stok karbon merujuk pada total karbon yang tersimpan dalam ekosistem, termasuk biomassa tanaman, sisa tanaman mati, serta bahan organik di dalam tanah (Nandini & Hadi Narendra 2011). Menurut IPCC

(2021), stok karbon merupakan komponen penting dalam siklus karbon global karena berperan dalam mengatur konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Karbon sendiri dibutuhkan makhluk hidup sebagai penyusun biomassa dan sumber energi. Namun, perubahan penggunaan lahan dan penebangan hutan telah menurunkan kemampuan ekosistem dalam menyimpan karbon, sehingga memperburuk pemanasan global.

10 Kapasitas penyimpanan karbon dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti curah hujan, suhu, jenis tanah, dan topografi, serta faktor biologis seperti jenis vegetasi dan usia ekosistem.

Secara umum, penyimpanan karbon dalam ekosistem terbagi ke dalam tiga kategori utama: (1) atmosfer, (2) makhluk hidup (biomassa), dan (3) tanah. Produktivitas dari masing-masing kategori sangat dipengaruhi oleh kondisi ekofisiologi dan lingkungan. Setiap ekosistem, seperti hutan, padang rumput, atau perkebunan, memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang berbeda sesuai dengan jenis vegetasi dan kondisi lingkungannya (Endro 2020). Oleh karena itu, Indonesia sebagai negara megabiodiversitas perlu secara berkelanjutan mengevaluasi kontribusi ekosistem dan sektor perkebunan dalam menyerap karbon, salah satunya melalui kajian stok karbon (Bashit *et al.* 2023). Salah satu mekanisme penting dalam penyimpanan karbon adalah biosekuesterasi, yaitu penyerapan dan penyimpanan CO₂ dari atmosfer oleh tanaman melalui fotosintesis. Proses ini mengubah CO₂ dan air menjadi senyawa organik yang tersimpan dalam bentuk biomassa (Wardani 2024).

Biomassa yang terbentuk tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi terbarukan, tetapi juga berperan dalam penyimpanan karbon, peningkatan kesuburan tanah, serta mendukung keanekaragaman hayati.

16 Menurut Sutaryo (2009), biomassa adalah total jumlah materi hidup di atas permukaan tanah yang dinyatakan dalam satuan ton berat kering per hektar. Besarnya akumulasi biomassa dapat dijadikan indikator pertumbuhan tanaman (Handayani 2012). Pada kelapa sawit, biomassa yang semakin besar seiring bertambahnya umur tanaman akan meningkatkan stok karbon yang tersimpan.

Indonesia memiliki kondisi agroklimat yang ideal untuk budidaya kelapa sawit. Luas perkebunan sawit meningkat signifikan dari sekitar 294,5 ribu hektar pada tahun 1980 menjadi lebih dari 16,38 juta hektar pada tahun 2024. Dengan siklus produksi yang panjang (>20 tahun), kelapa sawit berpotensi menyimpan karbon dalam jumlah besar. PASPI (2023) melaporkan bahwa kelapa sawit mampu menyerap sekitar 161 ton CO₂

15 per hektar per tahun, dan setelah memperhitungkan respirasi tanaman, kebun sawit secara netto menyerap sekitar 64,5 ton CO₂ per hektar per tahun, lebih tinggi dibandingkan hutan hujan tropis yang menyerap sekitar 32 ton CO₂ per hektar per tahun. Hal ini menjadikan kelapa sawit sebagai tanaman perkebunan dengan efisiensi penyerapan karbon yang tinggi, selain perannya sebagai penghasil minyak nabati.

18 Selain berperan dalam mitigasi emisi gas rumah kaca, biomassa di perkebunan sawit juga mendukung fungsi ekologi lain, seperti menyediakan habitat bagi keanekaragaman hayati, meningkatkan stabilitas ekosistem, serta mendukung proses ekologi penting seperti penyerbukan dan pengendalian hama. Namun, dinamika biomassa dan stok karbon sangat dipengaruhi oleh faktor iklim, terutama curah hujan. Ketersediaan air dari curah hujan menentukan laju fotosintesis, pertumbuhan tajuk, pembentukan pelepah, hingga produktivitas biomassa. Defisit air akibat curah hujan rendah dapat menurunkan akumulasi biomassa, sementara curah hujan berlebihan dapat menyebabkan pencucian hara yang berdampak pada penurunan cadangan karbon.

29 Secara keseluruhan, biomassa pada perkebunan kelapa sawit berperan penting dalam penyimpanan karbon, peningkatan kesuburan tanah, dan mendukung keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, pengelolaan yang berkelanjutan terhadap biomassa di perkebunan kelapa sawit sangat penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi lebih dalam tentang interaksi antara biomassa, manajemen perkebunan, dan dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan.

D. Hipotesis

1. Stok karbon pada perkebunan kelapa sawit berbeda signifikan antar kelas umur, dengan tanaman tua memiliki stok karbon tertinggi.
- 26 2. Curah hujan optimal (1.750–3.000 mm/tahun) berhubungan positif dengan peningkatan biomassa dan stok karbon.
3. Defisit air lebih dari 100 mm atau yang terjadi 1–2 tahun sebelumnya menurunkan pembentukan

pelepah baru, biomassa, dan stok karbon.

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada areal tanaman menghasilkan di perkebunan kelapa sawit PT. Sari Lembah Subur, Genduang, Kecamatan Pangkalan Lesung, Kab. Pelalawan Provinsi Riau. Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu ± 2 bulan, terhitung dari April 2025 sampai Mei 2025, meliputi kegiatan persiapan, pengambilan sampel di lapangan, pengolahan data, dan analisis data.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi GPS (*Global Positioning System*) untuk menentukan koordinat lokasi plot pengamatan secara akurat. Pengukuran biomassa dilakukan menggunakan alat-alat seperti pita ukur, caliper untuk mengukur diameter batang, dan meteran untuk mengukur tinggi tanaman. Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat basah dan berat kering sampel biomassa serta serasah, sementara oven pengering diperlukan untuk mengeringkan sampel vegetasi bawah hingga mencapai berat konstan. Kantong plastik atau kertas digunakan untuk menyimpan sampel biomassa dan serasah selama proses pengambilan dan analisis.

Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian meliputi tanaman kelapa sawit dengan beberapa kelas umur, hanya pada tanaman menghasilkan yaitu umur 3 tahun setelah tanam sampai 31 tahun.

kelas umur tanaman kelapa sawit dibagi atas :

- (3 – 8 tahun) tanaman muda : setelah tanam
- (9 – 14 tahun) tanaman remaja
- (> 21 tahun) tanaman tua

Kemudian, sampel biomassa vegetasi bawah yang dikumpulkan dari plot pengamatan, dan data curah hujan 5 tahun (2019-2023) diambil dari data curah hujan perusahaan dan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang digunakan sebagai sumber utama untuk melihat pengaruh curah hujan dengan stok karbon.

C. Metode Penelitian dan Tahapan Penelitian

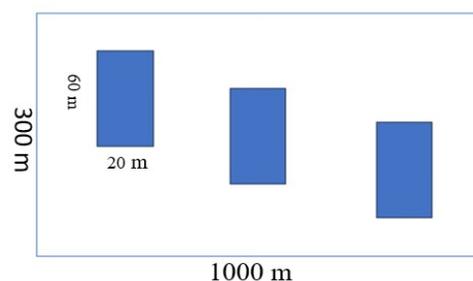
1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif dengan metode *non destruktif sampling* yaitu metode dengan pengamatan langsung tanpa merusak untuk pengukuran biomassa pada tanaman kelapa sawit pada titik sampel sesuai dengan umur tanaman yang telah ditetapkan, dan metode *sampling* dengan pemanenan *destructive sampling* untuk pengukuran biomassa vegetasi bawah dan serasah (Anggraini 2022). Dengan pengamatan langsung pada plot-plot contoh sesuai dengan umur tanaman kelapa sawit.

2. Penentuan Plot Sampel

Dalam menentukan plot sampel pada penelitian ini berdasarkan teknik purposif sampling. Teknik purposif sampling adalah suatu cara penentuan sampel dengan sengaja berdasarkan kriteria tertentu. Kriteria meliputi umur tanaman, varietas tanaman, jenis tanaman (betina), tanaman yang mewakili, tidak dekat dengan drainase, dan tanaman tidak ternaungi.

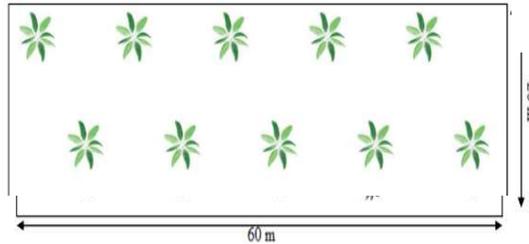
Masing-masing umur diambil dalam 1 blok = 30 ha dengan jumlah sampel 3 plot dengan menggunakan kuadran (petak sampel) yang berukuran 20 meter x 60 meter. Pengambilan plot sampel secara diagonal, dengan gambar dibawah ini.



Gambar 2. Penentuan plot sampel

3. Penentuan Pohon Sampel

Pengambilan data dari plot sampel diambil 10 tanaman untuk masing-masing umur, 10 tanaman sampel tersebut diambil dari 5 sebelah kanan dan 5 sebelah kiri dari gawangan tersebut dengan sebanyak 3 kali ulangan. Sehingga terdapat jumlah sampel tiap umur tanaman sebanyak 30 tanaman. Penentuan tanaman sampel dilakukan dengan pertimbangan kondisi lahan perkebunan.

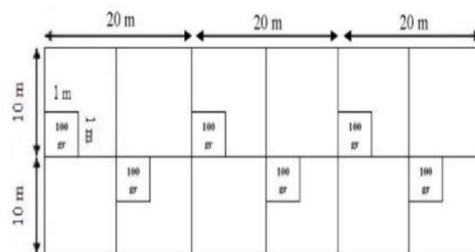


Gambar 3. Plot pengamatan kelapa sawit

4. Penentuan Pengambilan Vegetasi Bawah

Biomassa tumbuhan bawah diukur dengan dibuat petak pengukuran dengan ukuran 1 m x 1 m sebanyak 1 sampel yang diletakkan pada setiap petak pengukuran biomassa tegakan kelapa sawit. Dapat dilihat pada gambar 4. Pengambilan sampel biomassa vegetasi bawah dengan metode destruktif. Vegetasi bawah yang diambil adalah gulma atau herba. Vegetasi bawah yang berada di plot tersebut diambil dengan sabit dan ditimbang beratnya.

Vegetasi bawah yang diambil sebagai sampel yang terdapat dalam kuadran, semua sampel



Gambar 4. Plot pengamatan vegetasi bawah

dimasukkan kedalam kantong kertas dan beri label sesuai variabel. Pada uji sampel vegetasi bawah yang diambil ditimbang berat basah. Selanjutnya mengambil subsampel tanaman dari masing-masing biomassa daun dan batang sebanyak 100 gr. Bila Biomassa sampel didapatkan sedikit (< 100 gr), maka semua sampel ditimbang dan dijadikan sebagai subsampel. Subsampel dikeringkan dalam oven pada suhu 80° C hingga mencapai berat konstan. Setelah pengovenan selesai, selanjutnya ditimbang untuk mengetahui berat

keringnya.

5. Pengamatan dan Pengambilan Sampel Data

a. Data primer

1. Biomassa Pokok Kelapa Sawit

Perhitungan biomassa kelapa sawit dihitung dengan rumus sebagai berikut (Tinker, 2016) :

a. Berat kering daun

$$P = \text{lebar petiole} \times \text{tebal petiole} = \dots \text{cm}^2$$

$$\text{Berat kering daun (W) per pelepah} = 0,102 P + 0,21 = \dots \text{kg}$$

$$\text{Berat kering daun /pokok} = \text{berat kering daun /pelepah} \times \text{jumlah pelepah /pokok} = \dots \text{kg}$$

b. Berat kering batang

$$\text{Jari jari batang} = r = \frac{\text{keliling batang}}{2 \pi} = \dots 2 \pi r$$

$$\text{Volume batang} = V = \pi r^2 \times H = \dots \text{m}^3$$

(H: tinggi batang yang diukur dari permukaan tanah sampai pelepah terbawah)

$$\text{Berat jenis batang (densitas batang)} = S = 0,0076 t + 0,083 =$$

(t : umur tanaman)

$$\text{Berat kering batang /pokok} = V \times S = \dots \times 1000 \text{ kg} = \dots \text{kg}$$

c. Berat kering tandan (BKT) /pokok = 0,53 x BJR x (jumlah bunga betina + jumlah tandan buah)

$$= \dots \text{ kg}$$

d. Berat kering akar (BKA) /pokok = $\frac{1}{4}$ x (BK daun = BK batang + BK tandan) = ... kg

e. Berat kering (BK) total /pokok = BK daun /pokok + BK batang /pokok + BK akar /pokok = kg

f. Stok karbon kelapa sawit /pokok = (BK x 0,0976 H) + 0,0706 = ...kg

g. Stok karbon kelapa sawit /ha = stok karbon kelapa sawit /pokok x SPH (136) = ... kg

2. Biomassa Vegetasi Bawah

- a. Luas lahan = 1 hektar = 10.000 m²
- b. Jumlah pokok sawit per hektar = 136
- c. Luas 1 piringan dengan jari jari ($r = 2\text{m}$) = $\pi r^2 = 12,56 \text{ m}^2$
- d. Total luas piringan dalam 1 hektar = $136 \times 12,56 \text{ m}^2 = 1708,16 \text{ m}^2$
- e. Total luas jalan panen/pasar pikul tertutup vegetasi = $2,13 \times 300\text{m} \times 1,2\text{m} = 766,8 \text{ m}^2$
- f. Berat segar vegetasi bawah tiap frame (1mx1m) = ...g =kg
- g. Berat kering vegetasi bawah tiap frame (1mx1m) = ... gram = ...kg
- h. Luas area tertutup vegetasi bawah per hektar = $10000 - \text{total luas piringan} - \text{total luas pasar pikul} = 7449,68 \text{ m}^2$
- i. Biomassa total vegetasi bawah per hektar = $g \times h = \dots\text{gram} = \dots \text{ kg}$
- j. Stok karbon vegetasi bawah = $\text{biomassa total vegetasi bawah per hektar} \times \text{coefisien konversi (KC} = 0,460) = 0,460 \times i = \dots\text{kg}$

4 Menurut Hairiah K, *et al.*, (2011), total berat kering tumbuhan bawah per kuadran dihitung dengan rumus:

$$\text{Total BK (gr)} = \{ \text{BK subsampel (gr)} : \text{BB subsampel (gr)} \} \times \text{TotalBB (gr)}$$

dimana , BK = berat kering dan BB = berat basah.

Potensi karbon tersimpan dihitung dengan rumus:

$$\text{Potensi Karbon Tersimpan (Ton/Ha)} = (\text{Biomassa Permukaan Tanaman Kelapa Sawit} + \text{Tumbuhan Bawah}) \times 0,46$$

1 Setiap pokok sampel diukur lingkar batang pada ketinggian 1,3m dari permukaan, tinggi batang diukur dari pangkal batang sampai batas pelepah terbawah, pilih pelepah ke-17 untuk diukur lebar dan tebal petiol. panjang pelepah, jumlah pelepah/pokok, keliling batang, jari-jari batang, tinggi batang, umur tanaman, berat janjang rata-rata, jumlah bunga betina, jumlah bunga jantan. Data ini digunakan untuk menduga biomassa tanaman utama melalui persamaan allometrik.

b. Data sekunder

37 Data sekunder diperoleh dari data curah hujan. Data curah hujan diambil dari data curah hujan perusahaan dan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data yang digunakan data 5 tahun (2020-2024).

42 6. Analisis data

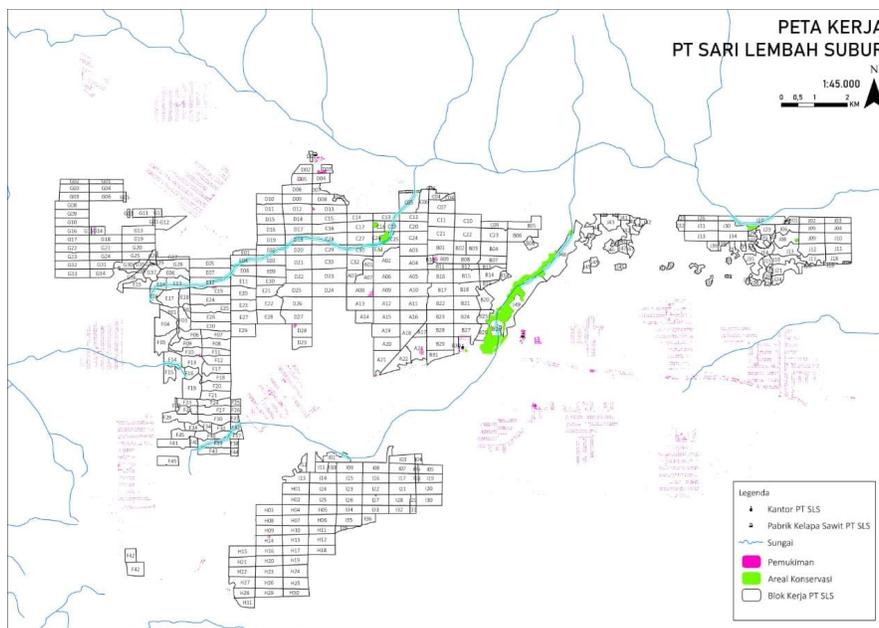
48 Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan analisis korelasi dan regresi, untuk mengevaluasi hubungan antara curah hujan dan pertumbuhan tanaman yang digambarkan dengan biomassa yang dikonversikan dengan stok karbon kelapa sawit pada berbagai umur. Kemudian membandingkan perbedaan setiap umur menggunakan ANOVA atau sidik ragam. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan, maka dapat dilakukan uji lanjut DMRT untuk mengetahui umur mana yang memiliki stok karbon yang berbeda.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di areal perkebunan kelapa sawit PT. Sari Lembah Subur, Desa Genduang, Kecamatan Pangkalan Lesung, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Lokasi ini dipilih secara purposif karena memiliki variasi umur tanaman kelapa sawit dan data curah hujan yang lengkap. Luas lahan pengamatan pada masing-masing umur adalah 30 ha. Plot pengamatan berdasarkan kelas umur tanaman: 3–8 tahun (muda), 9–14 tahun (remaja), dan >21 tahun (tua).



Gambar 5. Peta kebun PT Sari Lembah Subur

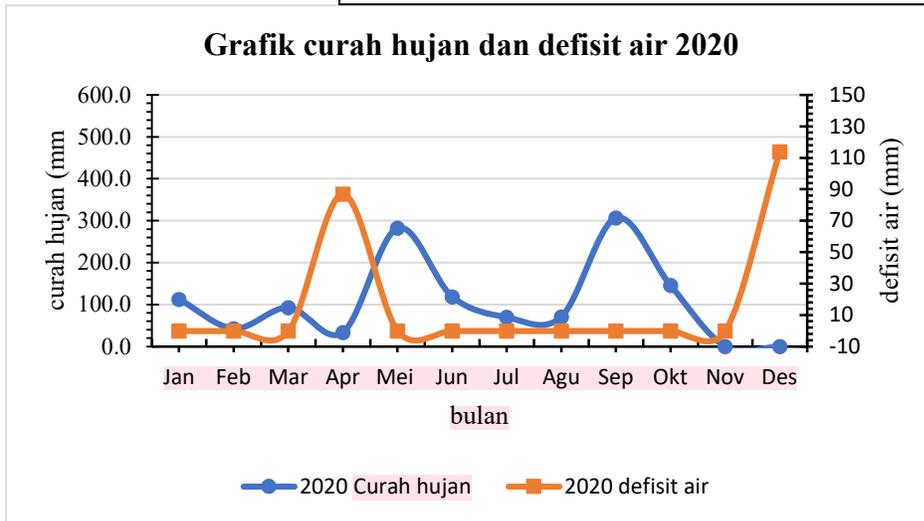
2. Karakteristik Curah Hujan dan Keseimbangan Air

Tabel 1. Data karakteristik curah hujan tahunan

19

Berdasarkan data iklim selama periode 2020–2024, curah hujan tahunan di lokasi penelitian bervariasi antara 1.279,0 mm – 2.234,4 mm. Jumlah hari hujan (HH) berkisar 87–168 hari per tahun. Tahun dengan curah hujan terendah adalah 2020 (1.279 mm), sedangkan curah hujan tertinggi tercatat pada 2023 (2.234,4 mm). Grafik curah hujan dan defisit air bulanan pada tahun 2020-2024 dapat diamati pada gambar 6 berikut.

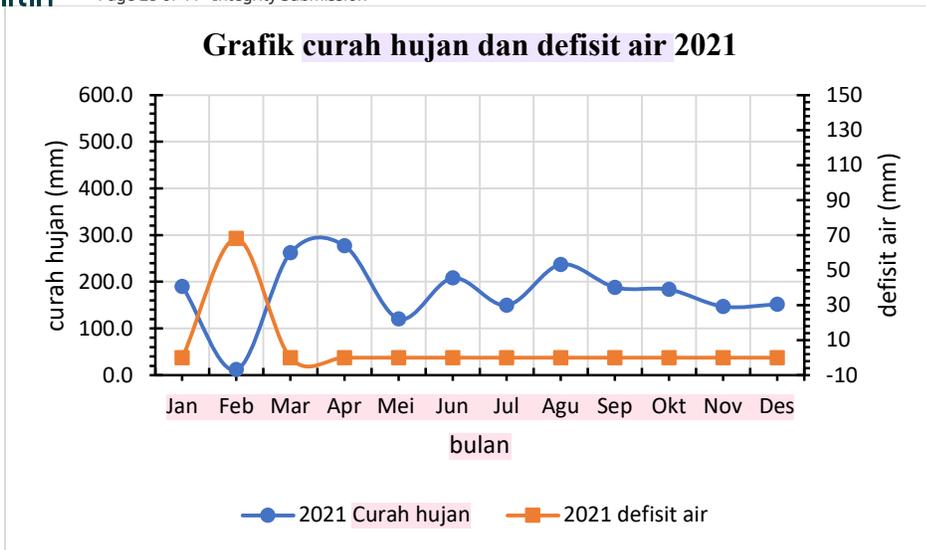
Tahun	Curah Hujan	Hari Hujan	Intensitas Hujan (mm/hari)	Defisit Air	Jumlah Bulan Basah
2020	1279,0	87	14,7	201,0	5
2021	2129,3	168	12,7	68,1	11
2022	1950,1	139	14,0	0,0	10
2023	2234,4	139	16,1	115,8	9
2024	1845,4	135	13,7	69,0	9



1

Gambar 6. Grafik curah hujan dan defisit air 2020

12



1

12

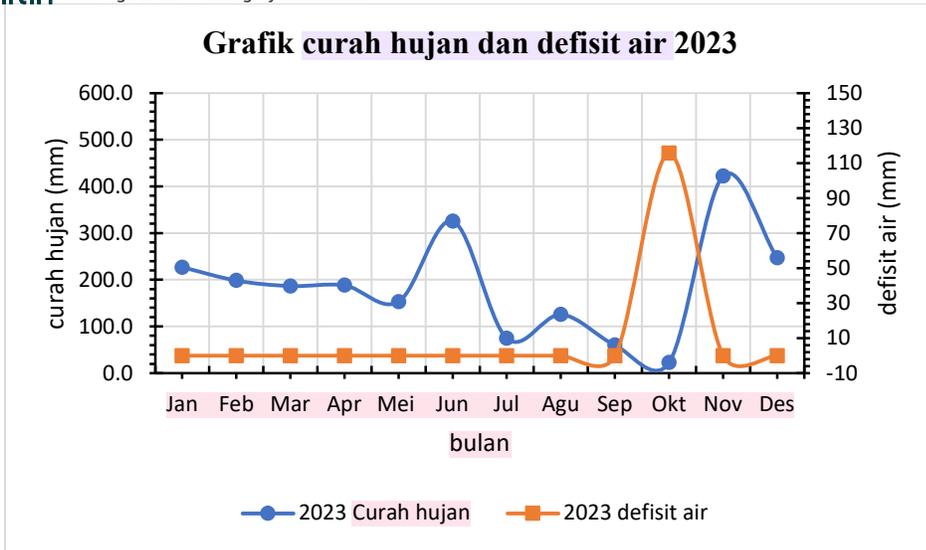
Gambar 7. Grafik curah hujan dan defisit air 2021



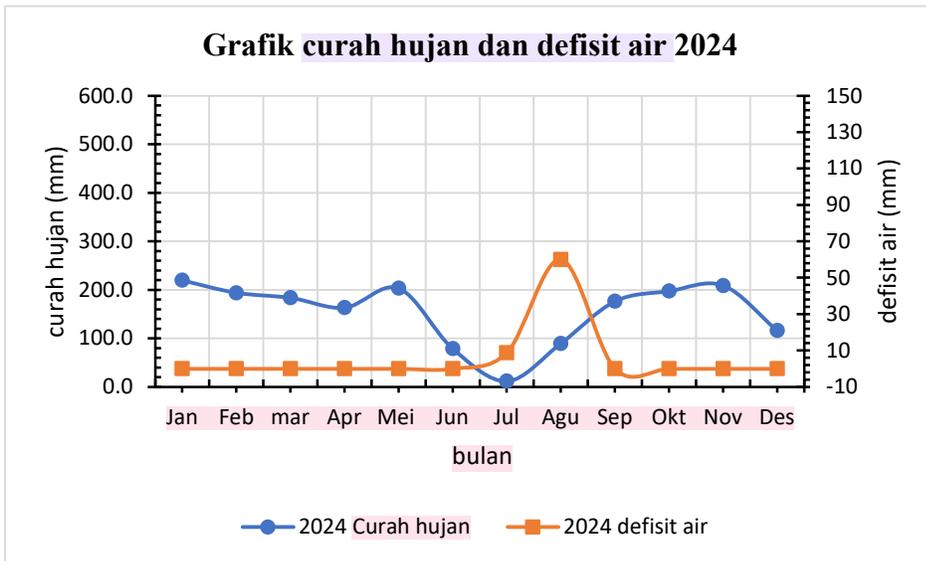
1

12

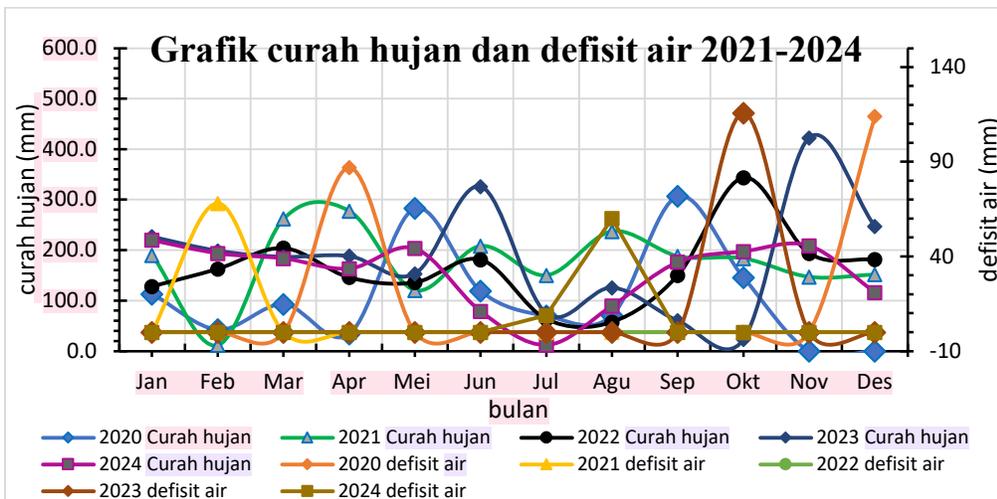
Gambar 8. Grafik curah hujan dan defisit air 2022



Gambar 9. Grafik curah hujan dan defisit air 2023



Gambar 10. Grafik curah hujan dan defisit air 2024



Gambar 11. Grafik curah hujan dan defisit air 2020-2024

Curah hujan tahunan di lokasi penelitian periode 2020–2024 berkisar antara 1.279–2.234 mm

dengan jumlah hari hujan 87–168 hari. Tahun terendah terjadi pada 2020 (1.279 mm), sedangkan tertinggi pada 2023 (2.234 mm). Pola ini menunjukkan adanya fluktuasi yang dipengaruhi variabilitas iklim tahunan.

Curah hujan pada tahun 2023 tercatat sebesar 2.234,4 mm dengan jumlah hari hujan 139 hari dan intensitas harian rata-rata 16,1 mm/hari. Meskipun curah hujan cukup tinggi, terjadi defisit air sebesar 115,8 mm/tahun dengan jumlah bulan basah hanya 9 bulan. Hal ini menandakan adanya periode kering yang cukup jelas meskipun secara total curah hujan tinggi.

Sementara itu, pada tahun 2024, total curah hujan menurun menjadi 1.845,4 mm dengan jumlah hari hujan 135 hari dan intensitas hujan 13,7 mm/hari. Defisit air tercatat sebesar 69,0 mm/tahun, juga dengan 9 bulan basah. Dibandingkan tahun 2023, defisit air tahun 2024 lebih kecil, meskipun curah hujannya lebih rendah.

Perbandingan ini menunjukkan bahwa curah hujan tahunan yang tinggi tidak selalu menjamin ketiadaan defisit air, karena distribusi hujan yang tidak merata sepanjang tahun dapat menimbulkan periode kering. Defisit di atas 100 mm/tahun berpotensi menurunkan pertumbuhan vegetatif, yang berarti bahwa defisit >150 mm dapat menurunkan produktivitas.

Dengan demikian, defisit air yang terjadi pada 2023–2024 berpotensi memperlambat proses pembentukan pelepah baru, meskipun tidak sampai menimbulkan kerusakan serius. Dampak yang paling mungkin adalah tertundanya pertumbuhan vegetatif, sehingga akumulasi biomassa berjalan lebih lambat dibandingkan tahun tanpa defisit. Bahwa ketersediaan air berperan penting dalam mendukung laju pertumbuhan vegetatif dan pembentukan pelepah pada kelapa sawit serta menurunkan akumulasi biomassa.

3. Perbandingan Stok Karbon Berdasarkan Umur Tanaman kelapa sawit

Perbandingan stok karbon kelapa sawit berdasarkan umur tanaman kelapa sawit

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa umur tanaman kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap biomassa yang dihasilkan (lampiran 2). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada biomassa 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 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 5a. terlihat bahwa stok karbon kelapa sawit pada tanaman kelapa sawit yang 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 biomassa vegetasi bawah ($p < 0,05$). Artinya, terdapat perbedaan akumulasi Stok karbon vegetasi bawah pada kebun kelapa sawit dengan umur tanaman yang berbeda (Lampiran 5a). Perbandingan

biomassa kelapa sawit dan stok karbon 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 pada vegetasi bawah pada umur tanaman 5 tahun dan umur 11 tahun adalah sama, dan stok karbon pada vegetasi bawah didapat paling banyak pada umur 31 tahun.

Perbandingan biomassa 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 (Lampiran 5 b). 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 DMRT taraf 5%

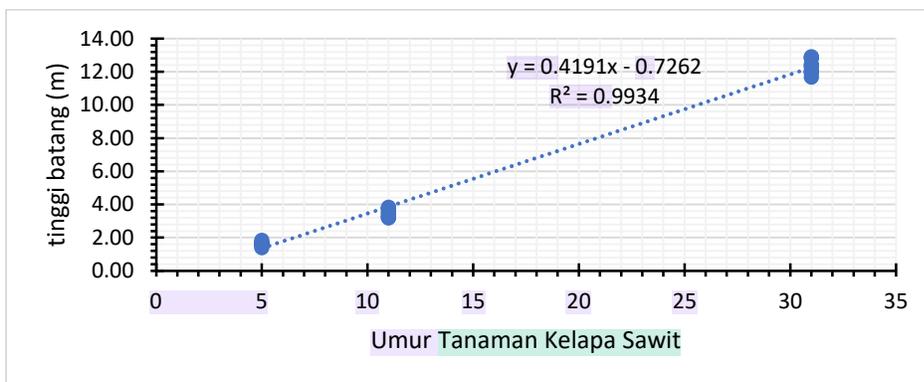
uji DMRT taraf 5%

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 didapat paling banyak pada umur 31 tahun (Lampiran 5 c).

4. Hubungan Umur Tanaman dengan parameter pertumbuhan

Pertumbuhan kelapa sawit seiring bertambahnya umur tanaman berimplikasi langsung terhadap peningkatan biomassa. Faktor umur menentukan perkembangan vegetatif utama, seperti tinggi batang, keliling batang, jumlah pelepah, serta ukuran petiol, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap akumulasi biomassa. Untuk memperjelas hubungan tersebut, hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik yang menggambarkan hubungan umur tanaman dengan berbagai parameter pertumbuhan vegetatif dan akumulasi biomassa.

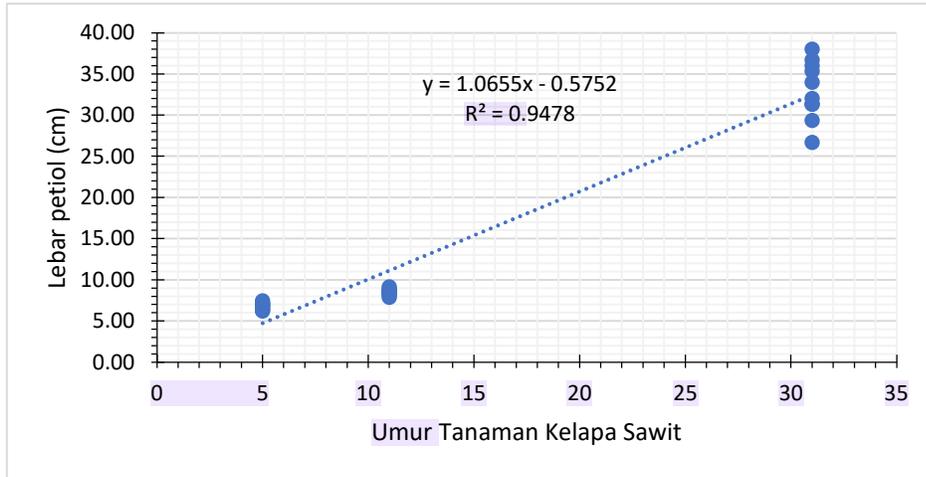


Gambar 12. Hubungan umur tanaman dan tinggi batang

Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi batang kelapa sawit meningkat secara linear seiring dengan pertambahan umur tanaman. Persamaan regresi $y = 0,4191x - 0,7262$ dengan $R^2 = 0,9934$ menjelaskan bahwa umur tanaman berkontribusi sebesar 99,34% terhadap variasi tinggi batang. Hal ini berarti setiap pertambahan umur satu tahun akan meningkatkan tinggi batang rata-rata 0,42 meter. Pertumbuhan tinggi batang berlangsung relatif cepat pada fase remaja (9–14 tahun), kemudian melambat ketika tanaman memasuki fase tua (>21 tahun). Tinggi batang yang terus bertambah ini menunjukkan

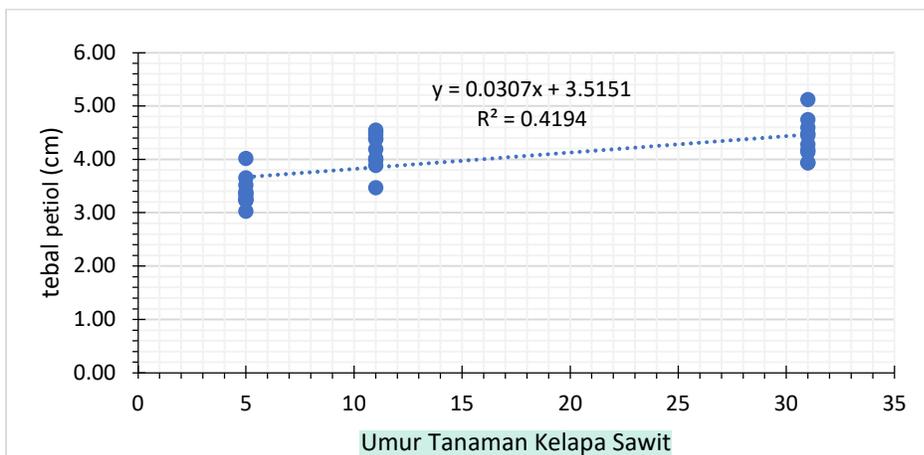
akumulasi pertumbuhan vegetatif jangka panjang, sekaligus menjadi indikator penting dalam perhitungan

biomassa dan akumulasi karbon pada perkebunan kelapa sawit.



Gambar 13. Hubungan umur tanaman dan lebar petiol

Lebar petiol meningkat seiring bertambahnya umur tanaman kelapa sawit dengan laju sekitar 1 cm per tahun. Nilai R^2 sebesar 0,9478 menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara umur dan lebar petiol. Peningkatan ini mencerminkan perkembangan struktur pelepah yang optimal pada fase remaja (9–14 tahun) dan tetap berlanjut hingga fase dewasa, meskipun laju pertumbuhannya cenderung lebih lambat.



Gambar 14. Hubungan umur tanaman dan tebal petiol

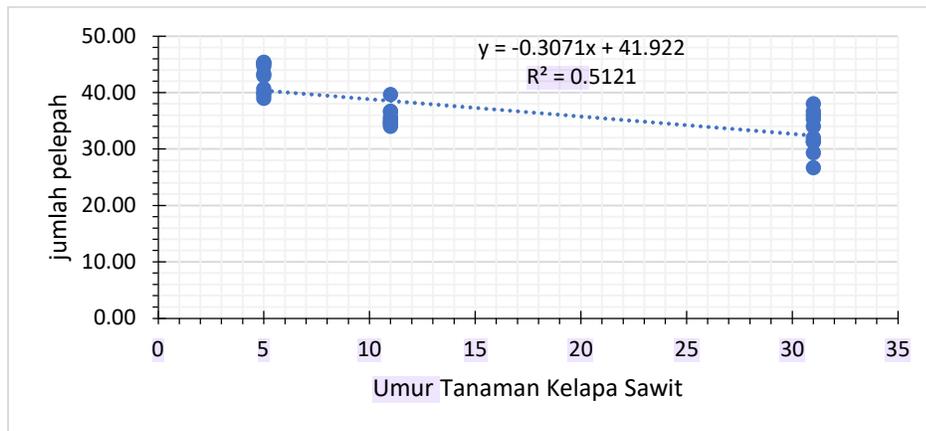
Tebal petiol menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya umur tanaman kelapa sawit, meskipun hubungan yang terbentuk relatif lemah ($R^2 = 0,4194$). Pertambahan tebal petiol hanya sekitar 0,03 cm per tahun, yang mengindikasikan bahwa variabel ini tidak sepenuhnya ditentukan oleh

8

3

53

53 umur, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi lingkungan, ketersediaan hara, dan variasi genetik tanaman. Meskipun peningkatannya terbatas, tebal petiol tetap berperan dalam menopang pelepah dan mendukung efisiensi fotosintesis karena berkaitan dengan kekuatan struktural daun.

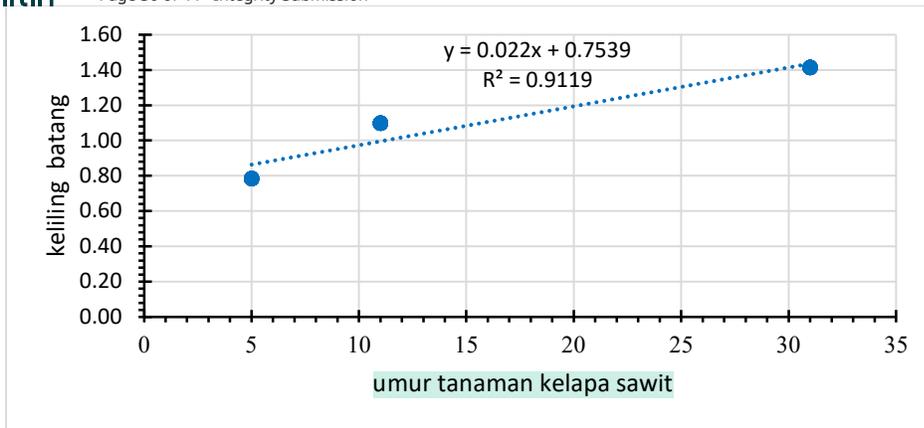


Gambar 15. Hubungan umur tanaman dan jumlah pelepah

Jumlah pelepah aktif menunjukkan variasi antar fase umur. Tanaman muda memiliki jumlah pelepah relatif banyak, kemudian stabil pada fase remaja, dan menurun pada fase tua akibat manajemen tajuk. Jumlah pelepah sangat menentukan seberapa besar asimilat yang dapat diserap tanaman melalui proses fotosintesis. Pada fase muda, tanaman memiliki jumlah pelepah yang relatif banyak karena untuk memberikan fondasi kuat pada pertumbuhan vegetatif supaya dapat memberikan kebutuhan energi dalam proses fotosintesis guna mendukung pertumbuhan dan pembentukan bunga betina. Pada fase tua, jumlah pelepah berkurang karena untuk mengoptimalkan produksi agar energi tidak terbagi untuk pelepah yang tidak produktif dan tidak mengganggu produksi tandan buah segar. (Wardani 2024) menyatakan bahwa jumlah pelepah yang optimum untuk mendapatkan produksi maksimum yaitu 48 - 56 pelepah pada tanaman kelapa sawit umur muda atau berumur kurang dari 8 tahun, dan 40 - 48 pelepah pada tanaman kelapa sawit tua atau lebih dari 8 tahun.

21

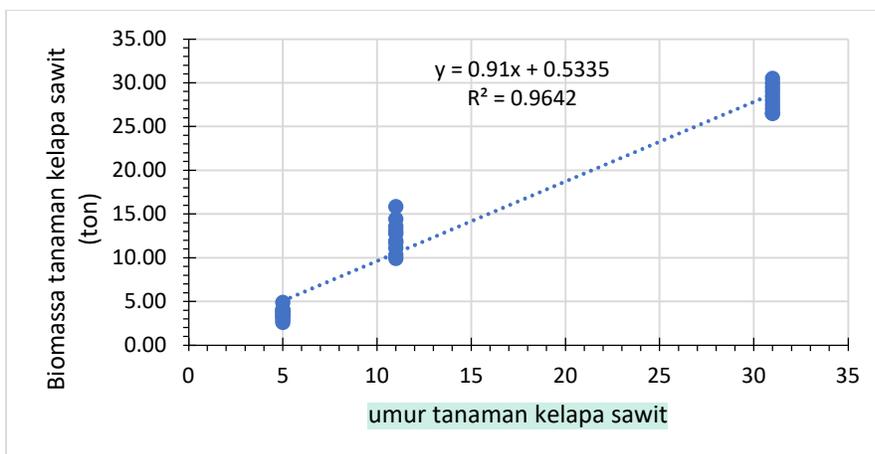
9



Gambar 16. Hubungan umur tanaman dan keliling batang

Keliling batang menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya umur tanaman kelapa sawit, dengan hubungan yang sangat kuat ($R^2 = 0,9119$). Pola ini memperlihatkan bahwa pada fase awal pertumbuhan, peningkatan umur tanaman diikuti dengan penambahan keliling batang secara signifikan. Namun, setelah memasuki fase dewasa, laju penambahan keliling batang mulai melambat.

Perlambatan ini diduga dipengaruhi oleh alokasi energi fisiologis tanaman yang lebih banyak diarahkan pada pertumbuhan vertikal (tinggi batang) serta produksi generatif berupa tandan buah segar, dibandingkan pada penebalan batang. Walaupun laju pertumbuhan keliling batang cenderung melambat pada fase dewasa, batang tetap menjadi salah satu komponen utama dalam akumulasi biomassa jangka panjang karena berperan sebagai tempat penyimpanan karbon.



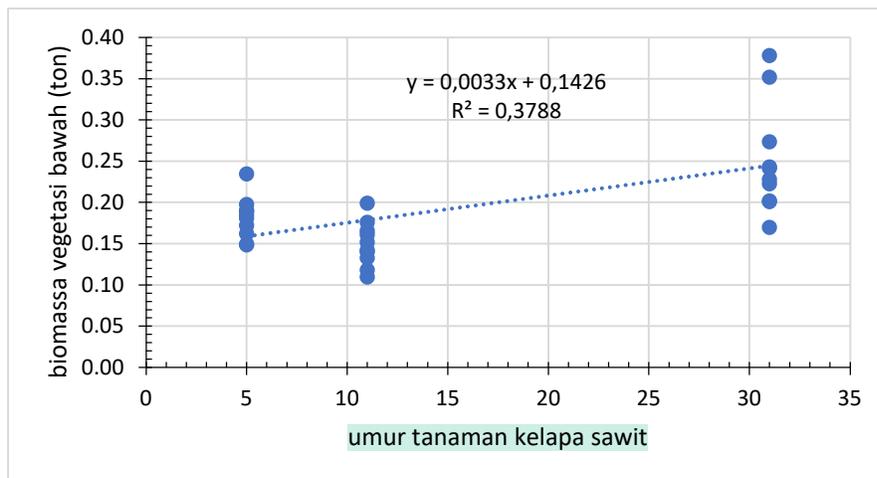
Gambar 17. Hubungan umur tanaman dan biomassa tanaman kelapa sawit

Gambar 17 menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif yang sangat kuat antara umur tanaman kelapa sawit dan biomassa yang dihasilkan. Persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 0,91x + 0,5335$ dengan nilai determinasi $R^2 = 0,9642$, yang berarti sekitar 96,42% variasi biomassa dapat dijelaskan oleh

umur tanaman. Nilai korelasi yang sangat tinggi ini mengindikasikan bahwa semakin tua umur tanaman kelapa sawit, semakin besar pula akumulasi biomassa yang dihasilkan.

Pola ini menggambarkan bahwa biomassa meningkat secara signifikan seiring bertambahnya umur tanaman. Pada fase awal pertumbuhan (umur muda), peningkatan biomassa terjadi cukup cepat seiring perkembangan batang, akar, dan pelepah. Memasuki fase remaja hingga dewasa, laju peningkatan biomassa tetap tinggi meskipun sebagian alokasi energi tanaman mulai beralih ke produksi generatif (tandan buah).

Hasil ini memperkuat bahwa umur tanaman merupakan faktor dominan dalam menentukan cadangan biomassa dan stok karbon di perkebunan kelapa sawit. Dengan demikian, semakin panjang umur siklus tanaman, semakin besar pula potensi penyerapan karbon yang dapat disimpan dalam bentuk biomassa.



Gambar 18. Hubungan umur tanaman dengan biomassa vegetasi bawah

Hasil analisis regresi menghasilkan persamaan $y = 0,0033x + 0,1426$ dengan nilai determinasi $R^2 = 0,3788$, yang berarti sekitar 37,88% variasi biomassa vegetasi bawah dipengaruhi oleh umur tanaman, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti intensitas cahaya, curah hujan, dan kondisi tanah. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa peran vegetasi bawah tetap memberikan kontribusi dalam menyumbang stok karbon di perkebunan.

Dalam penelitian ini, analisis korelasi atau regresi antara curah hujan dan stok karbon tidak dapat

umur tanaman. Data biomassa tidak tersedia secara runtut waktu setiap tahun, sehingga tidak memungkinkan untuk dianalisis secara statistik terhadap fluktuasi curah hujan tahunan. Oleh sebab itu, pendekatan yang digunakan adalah deskriptif, dengan melihat pola curah hujan dan defisit air pada dua tahun sebelumnya (2023–2024) yang berpotensi memengaruhi pembentukan pelepah dan akumulasi karbon.

14 Pada tahun 2023, curah hujan mencapai 2.234 mm dengan jumlah hari hujan 139 hari dan intensitas harian rata-rata 16,1 mm/hari dengan distribusi yang relatif merata sepanjang tahun. Meskipun curah hujan cukup tinggi, terjadi defisit air sebesar 115,8 mm/tahun dengan jumlah bulan basah hanya 9 bulan. Pada tahun 2024 terjadi defisit air sebesar 69 mm/tahun, masing-masing pada bulan Juli (8,9 mm) dan Agustus (60,1 mm). Walaupun nilai defisit ini tergolong rendah (<100 mm/tahun) dan belum kritis, kondisi ini menyebabkan terganggunya proses fotosintesis dan pembentukan biomassa tidak optimal. Curah hujan yang terlalu rendah maupun berlebih dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan cadangan karbon.

B. Pembahasan

6 Stok karbon kelapa sawit pada umur 5 tahun menunjukkan tidak berpengaruh nyata pada umur 11 tahun, tetapi berpengaruh nyata terhadap stok karbon kelapa sawit di umur 31 tahun. Pada umur 11 tahun, stok karbon berada pada posisi tengah, sehingga tidak berbeda nyata dengan umur 5 tahun maupun 31 tahun. Stok karbon 51 kelapa sawit di umur 31 tahun memperoleh hasil tertinggi. Kesesuaian iklim untuk 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). Berdasarkan data penelitian, pada tahun 2023 terjadi defisit air sebesar 115,8 64 mm, sedangkan pada tahun 2024 sebesar 69 mm. Nilai defisit tersebut masih berada di bawah ambang batas toleransi, sehingga kondisi iklim pada kedua tahun tersebut masih tergolong sesuai untuk pertumbuhan kelapa sawit.

Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat periode defisit air, tanaman kelapa sawit masih mampu beradaptasi dan mempertahankan pertumbuhan vegetatif maupun generatif. Pada tahun 2023, defisit yang

lebih tinggi (115,8 mm) berpotensi menurunkan pembentukan pelepah baru atau memengaruhi pembentukan bunga betina, tetapi tidak sampai menimbulkan cekaman berat yang menghambat akumulasi stok karbon. Sementara pada tahun 2024, defisit yang lebih rendah (69 mm) menandakan ketersediaan air lebih stabil, sehingga risiko gangguan pertumbuhan lebih kecil.

Kondisi iklim pada tahun 2023 dan 2024 masih mendukung produktivitas dan serapan karbon kelapa sawit. Variasi defisit air yang terjadi lebih memengaruhi dinamika vegetasi bawah dibandingkan stok karbon total tanaman kelapa sawit, karena umur tanaman dan biomassa sawit lebih dominan dalam menentukan besarnya simpanan karbon.

Stok karbon pada vegetasi bawah menunjukkan pola yang berbeda. 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 air di tahun 2024 sebesar 69 mm tidak memberikan pengaruh yang nyata. Nilai ini masih berada di bawah ambang batas toleransi kelapa sawit maupun vegetasi bawah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa vegetasi bawah relatif tahan terhadap kelembaban yang tersedia di bawah kanopi sawit, khususnya pada vegetasi bawah di umur 31 tahun.

Jumlah hari hujan berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetasi bawah di perkebunan kelapa sawit. 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. Berdasarkan data penelitian, jumlah hari hujan pada tahun 2023 tercatat sebanyak 139 hari dan pada tahun 2024 juga sebanyak 135 hari.

Nilai tersebut berada dalam kisaran yang mendukung pertumbuhan vegetasi bawah, sehingga kontribusinya terhadap stok karbon kebun sawit tetap terjaga. Pada kondisi tersebut keseimbangan kelembaban tanah masih terjaga meskipun terjadi defisit memungkinkan vegetasi bawah tetap melakukan fotosintesis dan mempertahankan biomassa sehingga cadangan karbon dari vegetasi bawah dan serasah meningkat. kontribusi tambahan yang bersifat fluktuatif.

Stok karbon vegetasi bawah pada fase tua menunjukkan adanya pengaruh kondisi lingkungan mikro

yang khas pada tegakan kelapa sawit di umur tua. Mikroklimat di bawah kanopi tanaman tua cenderung memiliki suhu yang relatif rendah dan kelembaban udara tinggi, sehingga mendukung keseimbangan karbon yang positif. Kelembaban yang tinggi membantu mempertahankan keterbukaan stomata dan menurunkan tekanan evaporasi, sehingga proses fotosintesis berlangsung lebih optimal. Suhu yang lebih rendah menekan laju respirasi vegetasi bawah, sehingga karbon hasil fotosintesis lebih banyak dialokasikan untuk pembentukan biomassa daripada dilepas kembali ke atmosfer. Di sisi lain, kelembaban tinggi menjaga keterbukaan stomata dan mengurangi stres evaporatif, sehingga proses fotosintesis berlangsung lebih efisien.

Selain faktor tersebut, terbukanya kanopi akibat pemangkasan pelepah pada tanaman tua memungkinkan cahaya lebih banyak mencapai permukaan tanah. Hal ini sejalan dengan pernyataan Aththorick (2005) bahwa penetrasi cahaya matahari hingga dasar suatu ekosistem akan memengaruhi faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban udara, yang selanjutnya menentukan komposisi dan keberadaan vegetasi bawah. Perbedaan faktor-faktor lingkungan ini selanjutnya akan mempengaruhi keberadaan jenis vegetasi bawah yang tumbuh di setiap lahan atau di setiap blok yang terdapat di kebun berbeda. Dengan faktor tersebut, memungkinkan untuk gulma yang tahan terhadap naungan tumbuh dengan baik.

Dengan demikian, akumulasi stok karbon vegetasi bawah meningkat, menghasilkan stok karbon yang lebih besar pada tegakan tua. Selain itu, akumulasi serasah organik memperbaiki kondisi tanah dan kelembaban mikro, memperkuat pertumbuhan vegetasi bawah lalu juga dengan pengelolaan atau pengendalian gulma pada tanaman tua tidak dilakukan secara periodik pada saat waktu pengamatan dan juga akibat pemangkasan pelepah atau manajemen tajuk yang memungkinkan vegetasi bawah tumbuh lebih banyak kembali.

Lebih lanjut, akumulasi serasah organik pada perkebunan kelapa sawit tua juga berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah dan menjaga kelembaban mikro, sehingga menyediakan kondisi yang lebih sesuai bagi pertumbuhan vegetasi bawah. Faktor manajemen kebun juga turut berpengaruh, di mana pada fase tua pengendalian gulma umumnya tidak dilakukan secara rutin, sehingga vegetasi bawah memiliki peluang tumbuh lebih banyak. Dengan demikian, kombinasi faktor mikroklimat, peningkatan ketersediaan cahaya,

akumulasi serasah, serta manajemen kebun berkontribusi terhadap tingginya stok karbon vegetasi bawah pada tegakan kelapa sawit tua. Corley & Tinker (2016) menyatakan bahwa distribusi curah hujan yang cukup meskipun disertai defisit ringan tidak secara signifikan menghambat pertumbuhan vegetasi bawah di perkebunan kelapa sawit. Dengan demikian, defisit sebesar 69 mm pada tahun 2024 memberikan gambaran bahwa distribusi hujan lebih berpengaruh daripada total curah hujan terhadap dinamika pertumbuhan vegetatif dan cadangan karbon kebun kelapa sawit.

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. Jika kita melihat dengan curah hujan pada tahun 2023-2024 yang mana terjadi defisit sebesar 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.

Hal ini menegaskan bahwa lonjakan stok karbon total yang signifikan baru terjadi pada fase tua, sedangkan pada fase muda dan remaja akumulasi biomassa masih relatif rendah dan belum menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Hal ini sejalan dengan penelitian (Tsiwiyati 2024) yang mengatakan bahwa biomassa kelapa sawit meningkat seiring pertambahan umur dan menjadi salah satu faktor utama dalam akumulasi karbon pada perkebunan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa stok karbon pada kebun kelapa sawit ditentukan oleh kombinasi antara umur tanaman, manajemen tajuk, dan ketersediaan air. Umur tanaman menentukan kapasitas akumulasi biomassa, manajemen tajuk mengatur efisiensi fotosintesis melalui jumlah pelepah aktif, sementara ketersediaan air menentukan kelancaran pembentukan pelepah baru. Pertumbuhan pelepah kelapa sawit rata-rata mencapai sekitar 2 pelepah per bulan atau 24 pelepah per tahun (Corley & Tinker 2016). jumlah pelepah yang dipertahankan diatur melalui manajemen tajuk agar tetap berada pada

kisaran 36–48 pelepah aktif. Pengaturan ini bertujuan untuk menjaga tajuk tetap optimal bagi proses fotosintesis sekaligus mempermudah panen. Dengan demikian, jumlah pelepah yang diamati saat ini tidak hanya mencerminkan kondisi pertumbuhan tahun berjalan, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi curah hujan 1–2 tahun sebelumnya ketika pelepah masih dalam tahap pembentukan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. 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), 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)
2. 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.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar pengelolaan perkebunan kelapa sawit memperhatikan faktor ekohidrologi, khususnya ketersediaan air. Upaya konservasi kelembaban tanah melalui penanaman tanaman penutup tanah, pengelolaan vegetasi bawah, dan penerapan sistem drainase yang baik perlu dilakukan untuk meminimalkan dampak defisit air selama musim kemarau. Selain itu, pemupukan berimbang dan pengelolaan kesuburan tanah yang berkelanjutan penting untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan produktivitas tanaman, sehingga stok karbon yang tersimpan dapat terus meningkat.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan analisis jangka panjang dengan cakupan data

iklim yang lebih luas serta mempertimbangkan faktor lain seperti jenis tanah, topografi, dan praktik manajemen perkebunan. Hal ini penting untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai interaksi antara curah hujan, biomassa, dan stok karbon, sehingga dapat mendukung strategi pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

31