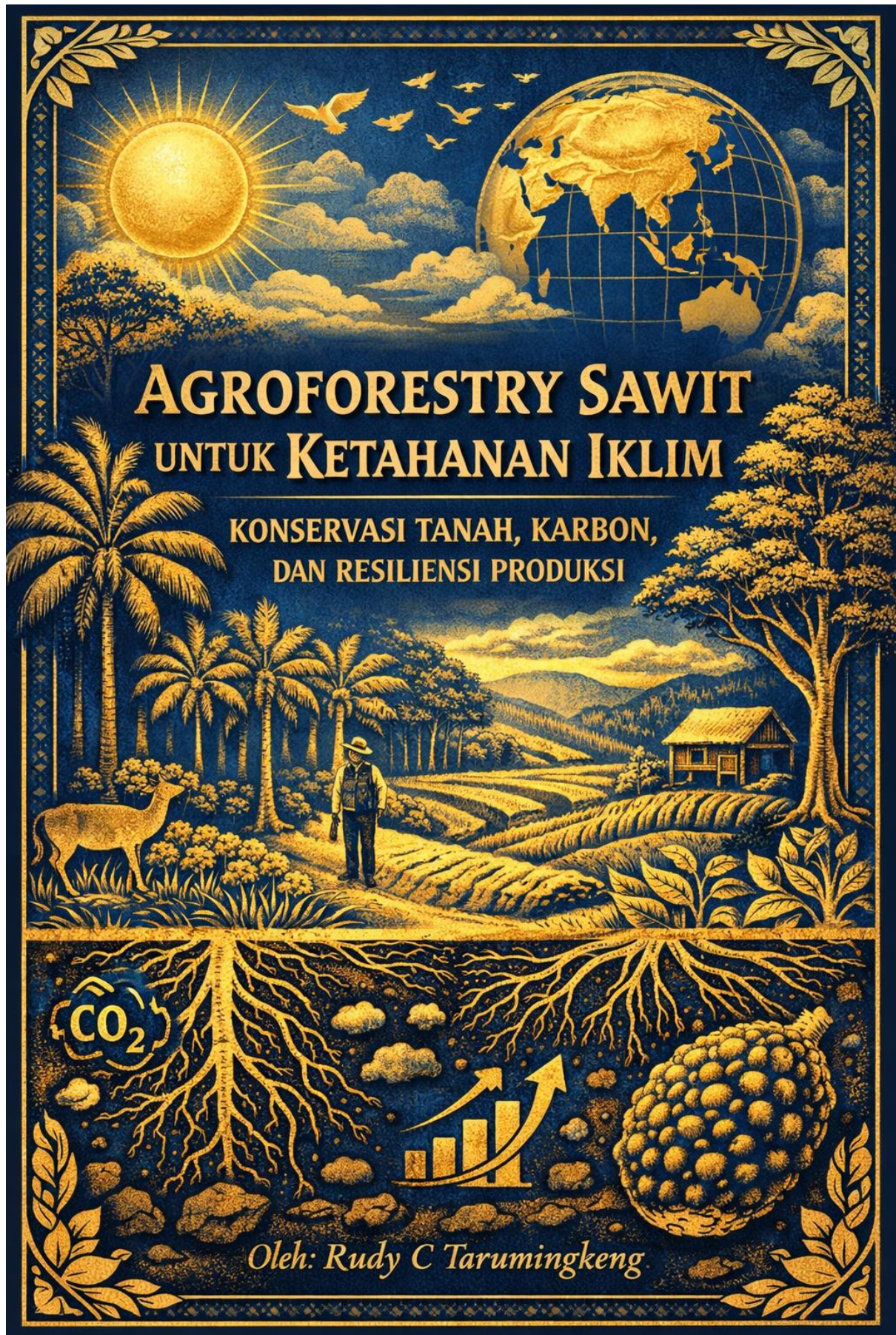




Rudy C Tarumingkeng: **Agroforestry Sawit untuk Ketahanan Iklim:
Konservasi Tanah, Karbon, dan Resiliensi Produksi**

Oleh:

Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD

Professor of Management NUP: 9903252922

Professor Emeritus, IPB-University

Rector, Universitas Cenderawasih, Papua (1978-1988, dan

Rector, Kampus AGRO Manokwari sekarang Universitas Papua Manokwari

Coordinator, CIDA/DIKTI SFU Burnaby BC Canada 1988-1991

Rector, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta (1991-2000)

Chairman. Board of Professors, IPB-University, Bogor (2005-2006)

AI - Data Analyst, dan Chairman, Academic Senate, IBM-ASMI, Jakarta 2024-

© RudyCT Academic Series

rudict75@gmail.com

30 March 2026

AGROFORESTRY SAWIT UNTUK KETAHANAN IKLIM: KONSERVASI TANAH, KARBON, DAN RESILIENSI PRODUKSI

Abstrak

Perubahan iklim menempatkan perkebunan kelapa sawit pada persimpangan yang semakin menentukan. Di satu sisi, sawit tetap menjadi komoditas strategis bagi Indonesia dan penyumbang utama produksi minyak nabati dunia; di sisi lain, produktivitas sawit terbukti sensitif terhadap variasi curah hujan, suhu, radiasi, kelembapan, dan kekeringan menengah yang berdampak pada hasil dengan jeda waktu tertentu. Dalam konteks ini, agroforestri sawit muncul bukan sekadar sebagai variasi desain kebun, melainkan sebagai pendekatan untuk membangun ketahanan iklim melalui tiga jalur utama: konservasi tanah, peningkatan penyimpanan karbon, dan penguatan resiliensi produksi. Literatur mutakhir menunjukkan bahwa integrasi pohon, vegetasi bawah, tanaman sela, atau pulau-pulau pohon di dalam lanskap sawit dapat meningkatkan kompleksitas struktur vegetasi, memperbaiki sejumlah indikator kesuburan dan kualitas biologis tanah, meningkatkan stok karbon ekosistem dan karbon dalam agregat tanah, serta memperkuat fungsi-fungsi seperti infiltrasi air, masukan serasah, dan penyanggaan mikroklimat. Namun, bukti ilmiah juga menunjukkan bahwa manfaat tersebut tidak selalu seragam: beberapa studi menemukan peningkatan nyata pada kesuburan kimia dan karbon

tanah, sementara perbaikan sifat fisik tanah dapat berlangsung lebih lambat atau tidak otomatis muncul. Karena itu, makalah ini berargumen bahwa agroforestri sawit tidak boleh diperlakukan sebagai slogan hijau, tetapi sebagai strategi desain lanskap yang perlu dibangun secara hati-hati, berbasis bukti, dan disesuaikan dengan tujuan utama kebun. Dengan pendekatan akademik-naratif, makalah ini membahas mengapa ketahanan iklim menjadi agenda mendesak bagi sawit, bagaimana agroforestri bekerja dalam konservasi tanah dan siklus karbon, apa implikasinya bagi resiliensi produksi, apa tantangan penerapannya terutama pada pekebun rakyat, dan bagaimana arah kebijakan serta manajemen kebun perlu disesuaikan. Kesimpulan utama makalah ini adalah bahwa masa depan sawit yang tahan iklim akan semakin ditentukan oleh kemampuannya bergerak dari monokultur yang disederhanakan menuju lanskap produksi yang lebih beragam, lebih hidup, dan lebih mampu menyimpan air, karbon, dan pilihan ekonomi. ([Satu Data Pertanian](#))

Kata kunci: *agroforestri sawit, ketahanan iklim, konservasi tanah, karbon tanah, resiliensi produksi, diversifikasi lanskap, kelapa sawit berkelanjutan*

Agroforestry Sawit untuk Ketahanan Iklim: Konservasi Tanah, Karbon, dan Resiliensi Produksi

1. Pendahuluan

Kelapa sawit menempati posisi yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia. Data resmi Kementerian Pertanian menyebut Indonesia sebagai produsen kelapa sawit terbesar di dunia, dengan luas areal 16,83 juta hektar dan produksi 46,82 juta ton pada tahun 2022, sedangkan BPS terus menerbitkan statistik tahunan sawit menurut luas areal, produksi, ekspor, dan status perusahaan. Besarnya skala ini berarti bahwa setiap pembicaraan tentang masa depan sawit pada dasarnya adalah

pembicaraan tentang masa depan lanskap tropis, ketahanan agraria, dan stabilitas ekonomi wilayah penghasil. ([Satu Data Pertanian](#))

Akan tetapi, lanskap sawit abad ke-21 tidak lagi bekerja dalam iklim yang sepenuhnya dapat diasumsikan stabil. Penelitian di Sumatra Barat menunjukkan bahwa variasi iklim—yang diukur melalui curah hujan, radiasi, suhu, dan kelembapan sebagai basis perhitungan *vapour pressure deficit*—menjelaskan 50,16% fluktuasi hasil di lokasi studi, dengan kontribusi terbesar datang dari VPD, lalu radiasi, dan curah hujan. Di Malaysia, studi lain menemukan hubungan positif yang kuat antara indeks kekeringan SPEI-6 dan hasil sawit, dengan koefisien korelasi 0,725 dan nilai R^2 sebesar 0,526, yang berarti perubahan kekeringan menjelaskan lebih dari separuh variasi hasil di lokasi penelitian. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa ketahanan iklim dalam sawit bukan isu sampingan, melainkan inti persoalan produksi jangka panjang. ([Jurnal Kelapa Sawit](#))

Dalam situasi seperti itu, model kebun yang terlalu sederhana secara struktural menjadi semakin problematik. Monokultur yang bersih, seragam, dan minim vegetasi pendamping memang memberi kemudahan pengelolaan tertentu, tetapi pada saat yang sama cenderung lebih rentan terhadap pemanasan mikroklimat, degradasi tanah, limpasan, penurunan bahan organik, dan kerentanan terhadap guncangan iklim. Sebaliknya, literatur agroforestri secara umum menunjukkan bahwa kehadiran pohon dan vegetasi berlapis dapat mengurangi panas dan cahaya berlebih, memodifikasi suhu serta angin, menurunkan laju transpirasi melalui peningkatan kelembapan relatif, dan melalui serasahnya bertindak sebagai mulsa yang memperbaiki infiltrasi dan stabilitas tanah. ([ICRAF SEA Publications](#))

Di sinilah agroforestri sawit menjadi relevan. Dalam bentuknya yang paling luas, agroforestri sawit merujuk pada integrasi kelapa sawit dengan pohon lain, vegetasi bawah yang dikelola, tanaman sela, regenerasi alami, atau pulau-pulau pohon di dalam lanskap kebun. Literatur terbaru tentang intercropping dan integrasi sawit dengan tanaman lain menunjukkan

bahwa pendekatan ini semakin dipertimbangkan sebagai bagian dari *sustainable intensification*, tetapi juga diakui bahwa manfaatnya sangat bergantung pada desain spesies, tata letak, dan pengelolaan kompetisi. Dengan kata lain, agroforestri bukan sekadar menambah tanaman, tetapi merancang ulang ekologi kebun. (ocj-journal.org)

Makalah ini berangkat dari tesis bahwa agroforestri sawit dapat menjadi strategi penting untuk ketahanan iklim, tetapi hanya bila kita memahami manfaat dan batasannya secara jernih. Karena itu, pembahasan berikut akan menempatkan agroforestri sawit dalam tiga poros utama: konservasi tanah sebagai dasar stabilitas biofisik, karbon sebagai dimensi mitigasi dan kualitas tanah, dan resiliensi produksi sebagai tujuan agronomis-ekonomi. Pendekatan yang digunakan bersifat akademik-naratif, yaitu menggabungkan bukti penelitian dengan pembacaan manajerial dan kebijakan agar makalah ini relevan untuk pengajaran, diskusi strategis, maupun refleksi keberlanjutan. (ScienceDirect)

2. Ketahanan Iklim sebagai Agenda Baru Perkebunan Sawit

Ketahanan iklim pada dasarnya adalah kemampuan suatu sistem produksi untuk menyerap guncangan, menyesuaikan diri, dan tetap menjalankan fungsi utamanya ketika kondisi cuaca dan iklim menjadi lebih tidak menentu. Dalam sawit, ketahanan ini tidak hanya berarti bertahan dari satu musim kering atau satu kejadian hujan ekstrem, tetapi juga kemampuan menjaga hasil, kesehatan tanah, dan fungsi hidrologi kebun dalam jangka panjang. Ketika iklim memengaruhi hasil sawit melalui perubahan hujan, radiasi, suhu, dan VPD, maka strategi ketahanan tidak bisa dibatasi pada varietas atau pemupukan saja; ia harus menyentuh desain lanskap kebun itu sendiri. ([Jurnal Kelapa Sawit](http://JurnalKelapaSawit))

Agroforestri relevan dalam agenda ini karena ia bekerja serentak pada beberapa mekanisme. Pertama, sistem yang lebih beragam secara vegetatif cenderung memiliki mikroklimat yang lebih termoderasi. Kedua, serasah, akar, dan naungan memperkuat kapasitas tanah menahan air dan menahan kehilangan partikel tanah. Ketiga, diversifikasi vegetasi menciptakan jalur

tambahan untuk akumulasi biomassa dan karbon, sekaligus membuka peluang diversifikasi pendapatan. Literatur agroforestri untuk resiliensi iklim menjelaskan bahwa kanopi pohon dapat menurunkan suhu, menaikkan kelembapan relatif, bertindak sebagai mulsa melalui serasah, dan memperkecil risiko kekeringan serta erosi. Dalam konteks sawit, mekanisme-mekanisme ini memberi dasar biologis bagi resiliensi produksi. ([ICRAF SEA Publications](#))

Namun, ketahanan iklim tidak boleh dipahami secara romantis. Ia tetap harus dibuktikan pada metrik yang relevan bagi kebun: apakah infiltrasi membaik, apakah tanah lebih terlindungi, apakah karbon meningkat, apakah hasil sawit tidak runtuh, dan apakah sistem ekonomi pekebun justru lebih stabil. Dalam hal ini, literatur mutakhir tentang agroforestri sawit memberi kabar yang cukup menjanjikan, tetapi juga penuh nuansa: beberapa manfaat muncul jelas dan cepat, sementara yang lain bersifat jangka panjang atau bergantung pada desain yang tepat. ([ScienceDirect](#))

3. Agroforestri Sawit: Pengertian, Bentuk, dan Ruang Lingkup

Secara konseptual, agroforestri sawit bukan satu model tunggal. Ia dapat berbentuk intercropping sawit dengan tanaman sela pada fase muda, sawit dengan pohon pelengkap dalam pola lorong, sawit dengan tanaman rempah atau buah, sawit dengan pulau-pulau pohon lokal, atau kebun sawit yang sengaja dibiarkan menumbuhkan regenerasi alami dan vegetasi bawah tertentu. Review tahun 2025 mengenai integrasi sawit dengan tanaman lain yang mensintesis lebih dari 116 publikasi menunjukkan bahwa sistem-sistem ini sangat beragam, baik secara teknis, ekonomi, maupun ekologis, dan bahwa efek jangka panjang pada sawit dewasa masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Itu berarti agroforestri sawit sebaiknya dibaca sebagai spektrum desain, bukan resep seragam. ([oel-journal.org](#))

Salah satu bentuk yang paling menarik secara ilmiah adalah model *tree islands* di dalam perkebunan sawit. Eksperimen restorasi skala besar di Sumatra, Indonesia, membangun 52 pulau pohon dalam lanskap sawit dan

menemukan bahwa dibanding sawit konvensional, pulau-pulau pohon meningkatkan indikator biodiversitas dan fungsi ekosistem, meningkatkan multidiversity dan ecosystem multifunctionality, serta tidak menurunkan hasil sawit pada skala lanskap. Temuan ini penting karena memperlihatkan bahwa agroforestri parsial—bukan konversi total kebun—dapat menghasilkan manfaat ekologis besar tanpa harus menghancurkan produktivitas keseluruhan. ([PMC](#))

Bentuk lain adalah penanaman pohon dan regenerasi alami untuk meningkatkan kompleksitas struktur tegakan. Penelitian jangka sembilan tahun di lanskap sawit menunjukkan bahwa kombinasi penanaman pohon dan regenerasi alami meningkatkan kompleksitas struktur vegetasi, dan bahwa bahkan pulau pohon kecil pun dapat menaikkan kompleksitas lokal. Yang sangat menarik, studi itu juga menemukan bahwa setelah sembilan tahun, tanaman berkayu yang beregenerasi alami justru menjadi penggerak utama kompleksitas struktur, serta bahwa mempertahankan kerapatan vegetasi di bawah kanopi sawit merupakan strategi kunci untuk meningkatkan kompleksitas lanskap. Temuan ini memperkaya pemahaman kita bahwa agroforestri sawit tidak selalu membutuhkan intervensi mahal; sebagian manfaat muncul ketika kebun berhenti menekan seluruh dinamika vegetasi secara berlebihan. ([ScienceDirect](#))

Ada pula agroforestri sawit berbasis tanaman sela produktif. Penelitian tiga tahun di India timur laut membandingkan sawit monokultur dengan sawit yang diintegrasikan bersama jagung, kunyit, dan nanas. Walaupun sawit monokultur menunjukkan pertumbuhan dan biomassa atas sawit yang lebih tinggi, sistem dengan nanas menghasilkan panen tanaman sela dan total hasil pendamping tertinggi serta stok karbon ekosistem tertinggi, yakni 55,44 Mg C ha⁻¹. Hasil ini tidak boleh dipindahkan mentah-mentah ke Indonesia, tetapi ia menunjukkan bahwa pada kondisi lahan terdegradasi tertentu, agroforestri sawit dapat memperluas nilai produksi tanpa selalu menurunkan fungsi iklim dan karbon. ([ScienceDirect](#))

Dengan demikian, agroforestri sawit perlu didefinisikan sebagai strategi diferensiasi ekologi dalam kebun sawit. Diferensiasi itu dapat kecil atau besar, parsial atau intensif, restoratif atau produktif, tetapi esensinya sama: memperkenalkan keragaman struktur dan fungsi ke dalam sistem yang tadinya terlalu homogen. Dari sudut ketahanan iklim, homogenitas yang berlebihan biasanya identik dengan kerentanan; karena itu, setiap langkah yang menambah heterogenitas terkelola berpotensi memperkuat resiliensi. ([PMC](#))

4. Konservasi Tanah sebagai Fondasi Ketahanan Iklim

Tanah adalah fondasi pertama yang menentukan apakah kebun mampu bertahan dalam iklim yang makin berubah. Tanah yang sehat dan terlindungi dapat menyerap hujan lebih baik, menahan air lebih lama, menopang akar lebih stabil, dan mengurangi kehilangan partikel serta unsur hara. Sebaliknya, tanah yang terbuka, miskin bahan organik, dan kehilangan struktur akan lebih cepat melepaskan air sebagai limpasan, lebih rentan terhadap erosi, dan lebih cepat mengalami cekaman pada musim kering. Karena itu, kontribusi pertama agroforestri sawit terhadap ketahanan iklim terletak pada konservasi tanah. ([ICRAF SEA Publications](#))

Literatur umum tentang agroforestri dan resiliensi iklim menjelaskan bahwa pohon dalam sistem agroforestri dapat secara signifikan mengurangi atau bahkan menekan erosi yang disebabkan air dan angin, mencegah limpasan sedimen dan polutan, meningkatkan infiltrasi, menstabilkan tanah, dan menjaga unsur hara agar tidak hilang melalui erosi. Dalam sistem sawit, manfaat ini sangat relevan karena banyak kebun berada pada lanskap bergelombang, dengan curah hujan tinggi, jalan kebun yang memusatkan aliran, serta kecenderungan pengelolaan yang sering membersihkan permukaan terlalu bersih. Agroforestri, dengan tambahan lapisan vegetasi dan serasah, bekerja seperti rem ekologis terhadap percepatan aliran itu. ([ICRAF SEA Publications](#))

Eksperimen tree islands di Sumatra memberikan bukti lapangan yang sangat kuat. Dibanding plot sawit konvensional, pulau pohon

meningkatkan konduktivitas hidrolis jenuh atau kapasitas infiltrasi air tanah sebesar 174%, meningkatkan masukan serasah daun sebesar 151%, dan menaikkan sejumlah indikator fungsi ekosistem terkait tanah dan pengaturan air. Dalam bahasa konservasi tanah, dua angka ini sangat penting: infiltrasi yang lebih tinggi berarti air hujan lebih banyak masuk ke profil tanah, sementara serasah yang lebih besar berarti permukaan tanah lebih terlindungi dan pasokan bahan organik lebih terjaga. Kedua hal itu secara langsung memperkecil risiko limpasan dan erosi. ([PMC](#))

Penelitian tentang kompleksitas struktur juga mendukung arah yang sama. Ketika vegetasi berkayu dan vegetasi bawah dipertahankan atau diperkaya, struktur tegakan menjadi lebih rapat dan lebih kompleks. Kompleksitas ini bukan sekadar kategori estetika; ia menentukan bagaimana hujan ditangkap kanopi, bagaimana angin bergerak, bagaimana serasah terkumpul, dan bagaimana akar berbagai spesies membuka ruang pori tanah. Karena itu, ketika Kikuchi dan kolega menyatakan bahwa mempertahankan kerapatan vegetasi di bawah kanopi sawit merupakan strategi kunci untuk menaikkan kompleksitas struktur, implikasinya bagi konservasi tanah sebenarnya sangat besar. ([ScienceDirect](#))

Agroforestri sawit juga membuka ruang untuk pendekatan konservasi tanah yang lebih biologis daripada sekadar mekanis. Dalam monokultur yang dikelola sangat bersih, banyak fungsi proteksi tanah digantikan oleh intervensi teknik seperti parit atau pengerasan jalan. Dalam sistem yang lebih beragam, sebagian beban itu diambil alih oleh penutup vegetasi, akar, dan serasah. Hal ini tidak berarti struktur teknik tidak diperlukan, tetapi beban konservasi tidak lagi sepenuhnya diserahkan pada bangunan, melainkan dibagi dengan proses ekologis. Dari sudut keberlanjutan, pembagian ini lebih tahan lama dan biasanya lebih murah dalam jangka panjang. ([ICRAF SEA Publications](#))

5. Karbon sebagai Indikator Mutu Ekologis dan Mitigasi Iklim

Dimensi kedua yang membuat agroforestri sawit penting bagi ketahanan iklim adalah karbon. Dalam wacana publik, karbon sering hanya dipahami

sebagai isu emisi atau kredit karbon. Padahal, dalam agroekosistem, karbon juga merupakan indikator mutu ekologis tanah dan biomassa. Karbon organik tanah berkaitan erat dengan stabilitas agregat, kapasitas menahan air, aktivitas mikroba, dan kemampuan tanah menyimpan hara. Karena itu, ketika agroforestri meningkatkan karbon, ia tidak hanya berkontribusi pada mitigasi iklim, tetapi juga memperbaiki fondasi produksi. ([ScienceDirect](#))

Penelitian tahun 2024 di Amazon Timur tentang indikator *soil health* pada agroforestri sawit menunjukkan bahwa sistem agroforestri memperbaiki kesuburan tanah dan memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dibanding hutan regenerasi, meskipun tidak secara otomatis memperbaiki kesehatan fisik tanah. Nuansa ini penting. Ia menunjukkan bahwa manfaat agroforestri terhadap karbon dan kesuburan dapat muncul relatif jelas, tetapi tidak semua komponen kualitas tanah merespons dengan kecepatan yang sama. Bagi diskusi ilmiah, ini justru menegaskan bahwa agroforestri harus dipahami sebagai proses ekologis bertahap, bukan intervensi instan. ([ScienceDirect](#))

Studi lain pada sistem yang sama menunjukkan bahwa agroforestri sawit menyimpan lebih banyak karbon dan nitrogen dalam agregat tanah daripada monokultur. Sistem agroforestri menunjukkan kecenderungan stabilitas agregat yang lebih tinggi dan total stok karbon tanah 0–30 cm yang lebih besar, sehingga penulis menyimpulkan bahwa agroforestri sawit berpotensi lebih besar berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim daripada monokultur sawit. Ini adalah temuan yang sangat penting bagi tema makalah ini, sebab ia menghubungkan konservasi tanah langsung dengan penyimpanan karbon. Agregat yang lebih stabil berarti tanah lebih kokoh, lebih tahan gangguan, dan lebih mampu mengunci karbon dalam jangka lebih lama. ([IDEAS/RePEc](#))

Bukti dari India menambah dimensi ekosistem yang lebih luas. Sistem sawit dengan tanaman sela tertentu tidak hanya menghasilkan tambahan panen, tetapi juga stok karbon ekosistem yang lebih tinggi dibanding monokultur.

Artinya, ketika kebun tidak hanya mengandalkan sawit tunggal, ada peluang untuk memperluas penyimpanan karbon melalui biomassa pendamping dan penambahan input organik ke tanah. Tentu, besaran manfaat karbon akan berbeda menurut umur kebun, desain sistem, dan lokasi. Namun secara prinsip, agroforestri membuka lebih banyak ruang bagi karbon untuk tinggal di dalam sistem daripada model kebun yang sangat disederhanakan. ([ScienceDirect](#))

Dalam perspektif kebijakan, hal ini penting karena pasar global dan standar keberlanjutan semakin memberi bobot pada isu karbon, tetapi karbon yang paling stabil dan paling strategis bagi kebun justru sering berada di bawah permukaan. Dengan kata lain, agroforestri sawit dapat mempertemukan logika mitigasi iklim dengan logika agronomi: karbon yang tersimpan di tanah bukan hanya baik untuk planet, tetapi juga baik untuk daya simpan air, struktur tanah, dan resiliensi hasil. ([ScienceDirect](#))

6. Resiliensi Produksi: dari Mikroklimat ke Stabilitas Hasil

Tujuan akhir kebun tetaplah produksi. Karena itu, pertanyaan paling sensitif selalu sama: apakah agroforestri akan menurunkan hasil sawit? Literatur menjawab pertanyaan ini dengan cara yang tidak sesederhana ya atau tidak. Sebagian bentuk agroforestri memang dapat menciptakan kompetisi cahaya, air, atau hara jika dirancang buruk. Namun, sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa diversifikasi vegetasi dapat meningkatkan fungsi ekosistem tanpa menurunkan hasil pada skala tertentu, atau bahkan meningkatkan total produksi sistem bila hasil tanaman pendamping ikut dihitung. Jadi, resiliensi produksi perlu dibaca sebagai stabilitas dan kapasitas sistem, bukan sekadar hasil sawit murni per pohon dalam jangka pendek. ([PMC](#))

Eksperimen restorasi di Sumatra adalah salah satu bukti paling kuat dalam hal ini. Studi tersebut menemukan bahwa pengayaan pohon dalam bentuk pulau pohon tidak menurunkan hasil sawit pada skala lanskap, walaupun secara lokal sebagian ruang tentu dialihkan untuk vegetasi lain. Implikasinya sangat penting: bila agroforestri didesain secara spasial

cerdas, keuntungan fungsi ekosistem tidak harus dibayar dengan kerugian produktivitas total. Ini membuka jalan bagi model kebun yang lebih heterogen tanpa harus menimbulkan kekhawatiran berlebihan tentang hilangnya performa ekonomi keseluruhan. ([PMC](#))

Dari sisi mikroklimat, manfaat agroforestri juga cukup jelas. Studi pada perkebunan sawit yang diperkaya biodiversitas menunjukkan bahwa kompleksitas struktur tegakan dan ukuran tree islands mengendalikan mikroklimat dan suhu permukaan lahan, walaupun peredaman kondisi mikroklimat yang keras di kebun sawit membutuhkan waktu. Temuan ini penting karena produksi sawit sangat peka terhadap cuaca. Jika variasi iklim menyumbang bagian besar dari fluktuasi hasil, maka setiap intervensi yang mampu memoderasi panas, cahaya ekstrem, dan kehilangan air berpotensi memperkuat stabilitas hasil. ([ScienceDirect](#))

Pada tingkat sistem, agroforestri juga dapat meningkatkan resiliensi ekonomi produksi. Studi di India menunjukkan bahwa beberapa kombinasi tanaman pendamping memberi hasil tambahan yang substansial di luar hasil sawit, sedangkan review 2025 tentang integrasi sawit dengan tanaman lain menekankan bahwa desain spesies dan tata ruang yang baik dapat mengoptimalkan produktivitas dan meminimalkan kompetisi. Dalam bahasa manajemen risiko, ini berarti agroforestri tidak hanya berpotensi menstabilkan kondisi biofisik, tetapi juga mengurangi ketergantungan pendapatan pada satu komoditas tunggal. Diversifikasi seperti ini sangat penting ketika iklim dan pasar sama-sama makin tidak stabil. ([ScienceDirect](#))

Bagi pekebun rakyat, dimensi ini bahkan lebih penting. Ketika hasil sawit turun karena kekeringan, serangan hama, atau fluktuasi harga, pendapatan rumah tangga bisa sangat terguncang. Itulah sebabnya penelitian tentang niat adopsi agroforestri pada petani sawit Jambi menempatkan manfaat bagi keberlanjutan lingkungan dan resiliensi kebun kecil sebagai salah satu alasan utama relevansinya. Meski demikian, studi yang sama juga menunjukkan bahwa adopsi tetap terbatas, yang menandakan adanya jarak

antara manfaat ekologis yang dibayangkan dan risiko ekonomi yang dirasakan petani. ([ScienceDirect](#))

7. Bukti dari Indonesia: Antara Eksperimen, Smallholder, dan Transformasi Lanskap

Indonesia memiliki posisi unik dalam diskursus agroforestri sawit, karena di sinilah eksperimen lanskap sawit yang diperkaya biodiversitas berkembang cukup maju. Studi tree islands di Sumatra tidak hanya menunjukkan manfaat ekologis, tetapi juga membuktikan bahwa kebun sawit industri dapat menjadi laboratorium restorasi yang serius. Kenaikan indikator biodiversitas, fungsi ekosistem, infiltrasi, masukan serasah, dan fungsi pengaturan air dalam sistem itu memperlihatkan bahwa transformasi ekologis kebun sawit bukan hal abstrak. Ia dapat diuji, diukur, dan dibuktikan di lapangan Indonesia sendiri. ([PMC](#))

Selain eksperimen restorasi, studi pada smallholders Indonesia memberikan pelajaran yang berbeda tetapi sama pentingnya. Penelitian di Riau menunjukkan bahwa vegetasi understory yang lebih baik meningkatkan *soil health*, sedangkan pemupukan kalium tetap penting bagi performa sawit. Ini berarti pendekatan terhadap ketahanan iklim tidak boleh dibelah secara salah antara “ekologi” dan “produksi.” Keduanya harus dikawinkan. Sawit membutuhkan nutrisi yang baik, tetapi tanah yang sehat dan tertutup vegetasi juga memperkuat fondasi responsnya terhadap iklim. ([ScienceDirect](#))

Konteks Indonesia juga tampak dalam studi tentang niat adopsi agroforestri di Jambi. Penelitian Hendrawan dan Musshoff pada 205 petani menunjukkan bahwa sikap terhadap agroforestri sawit dan *perceived behavioural control* berpengaruh positif terhadap niat adopsi, sedangkan norma subjektif tidak signifikan. Secara praktis, ini berarti kebijakan tidak cukup hanya mengampanyakan agroforestri sebagai sesuatu yang “baik.” Petani juga harus merasa bahwa sistem itu dapat mereka kendalikan, pahami, dan jalankan tanpa risiko yang tidak proporsional. ([ScienceDirect](#))

Dalam perspektif transformasi lanskap, pelajaran dari Indonesia mungkin dapat diringkas demikian: agroforestri sawit tidak akan berkembang hanya karena ia benar secara ekologis. Ia harus juga dapat diterjemahkan ke dalam desain kebun yang terukur, insentif yang masuk akal, dan bukti bahwa hasil sawit skala lanskap tidak serta-merta ambruk. Di titik inilah eksperimen ekologis, riset smallholder, dan kebijakan keberlanjutan perlu dipertemukan. ([PMC](#))

8. Manfaat Tidak Selalu Otomatis: Trade-off, Batasan, dan Kehati-hatian

Salah satu bahaya dalam wacana agroforestri adalah kecenderungan mempresentasikannya seolah-olah semua bentuk agroforestri pasti lebih baik daripada monokultur dalam segala hal. Literatur yang tersedia justru mengingatkan kita untuk berhati-hati. Studi indikator *soil health* di Amazon menunjukkan bahwa agroforestri sawit memperbaiki kesuburan tanah dan kadar karbon, tetapi tidak otomatis memperbaiki kesehatan fisik tanah. Artinya, sebagian manfaat memang kuat, tetapi sebagian lain mungkin memerlukan waktu lebih lama, intensitas pengelolaan berbeda, atau kondisi awal tapak tertentu. ([ScienceDirect](#))

Review 2025 tentang integrasi sawit dengan tanaman lain juga menegaskan bahwa efek jangka panjang pada sawit dewasa masih belum sepenuhnya dipahami, dan bahwa desain spesies, tipe sawit, tata ruang, serta manajemen adalah faktor penentu agar kompetisi antartanaman tidak menjadi masalah. Ini adalah peringatan metodologis yang sangat penting. Agroforestri sawit yang dirancang buruk bisa menghasilkan konflik cahaya, ruang akar, dan tenaga kerja. Karena itu, keberhasilan sistem bukan berasal dari label "agroforestri"-nya, melainkan dari mutu desainnya. ([ocljournal.org](#))

Selain trade-off biofisik, ada pula trade-off manajerial. Sistem yang lebih beragam biasanya memerlukan keterampilan yang lebih kompleks: pemilihan spesies, penataan tajuk, pemeliharaan lorong, pengaturan panen, dan pembacaan interaksi antartanaman. Pada perusahaan besar,

tantangan ini menyentuh biaya desain dan perubahan SOP. Pada pekebun rakyat, tantangannya menyangkut tenaga kerja keluarga, risiko pendapatan jangka pendek, dan akses informasi teknis. Karena itu, adopsi rendah di Jambi tidak dapat dibaca sekadar sebagai “petani belum sadar,” melainkan juga sebagai sinyal bahwa sistem yang lebih kompleks menuntut dukungan institusional yang lebih serius. ([ScienceDirect](#))

Ada pula batas ekologis yang tidak boleh dilupakan. Bahkan studi Nature tentang tree islands yang sangat positif tetap menegaskan bahwa restorasi dalam lanskap sawit tidak boleh dipakai untuk menggantikan perlindungan hutan alam yang tersisa. Agroforestri sawit dapat memperbaiki fungsi kebun, tetapi ia bukan substitusi penuh bagi hutan tropis yang utuh. Secara etis dan ekologis, posisi ini penting: perbaikan kebun harus berjalan beriringan dengan perlindungan ekosistem alami, bukan dipakai sebagai pembenaran kehilangan hutan lebih lanjut. ([PMC](#))

9. Implikasi Kebijakan dan Manajemen Kebun

Bila agroforestri sawit hendak dijadikan strategi ketahanan iklim, maka kebijakan dan manajemen kebun harus bergerak dari orientasi satu-musim ke orientasi jangka panjang. Bagi perusahaan, artinya adalah melihat kebun bukan hanya sebagai kumpulan blok produksi, tetapi sebagai lanskap hidrologis dan ekologis yang harus menjaga infiltrasi, bahan organik, penyanggaan panas, dan diversifikasi fungsi. Dalam logika ini, tree islands, vegetasi bawah, jalur biomassa, atau tanaman pendamping tidak dipandang sebagai “ruang yang hilang,” melainkan sebagai infrastruktur hidup yang menurunkan risiko iklim. ([PMC](#))

Bagi standar keberlanjutan, RSPO 2024 memberi landasan normatif yang semakin kuat. Dokumen itu menegaskan bahwa kesuburan jangka panjang bergantung pada struktur tanah, bahan organik, status hara, dan kesehatan mikrobiologis, serta mendorong pengelolaan ground cover, daur ulang biomassa, perlindungan lahan rapuh, dan tindakan untuk meminimalkan erosi serta degradasi. Meskipun RSPO tidak memerintahkan satu model agroforestri tunggal, arah standarnya jelas: kebun yang berkelanjutan harus

menjaga tanah sebagai sistem hidup dan memikirkan fungsi biomassa secara sirkular. Ini sangat selaras dengan filosofi agroforestri sawit. ([RSPO](#))

Bagi pemerintah dan lembaga pendukung pekebun rakyat, prioritas utamanya adalah mengurangi hambatan adopsi. Studi di Jambi menunjukkan bahwa sikap positif saja tidak cukup; petani juga perlu merasa mampu mengelola sistem itu. Karena itu, kebijakan yang masuk akal mencakup demonstrasi plot, dukungan bibit atau pohon pendamping yang sesuai, pendampingan teknis, pembiayaan transisi, dan skema insentif yang menghargai fungsi ekologi kebun. Agroforestri akan sulit berkembang bila seluruh biaya transisi dibebankan pada petani sementara manfaat ekologisnya dinikmati publik. ([ScienceDirect](#))

Bagi dunia akademik, implikasinya adalah perlunya mengembangkan metrik evaluasi yang lebih kaya daripada sekadar hasil TBS. Ketahanan iklim dalam agroforestri sawit seharusnya dinilai dari indikator gabungan: infiltrasi, serasah, stabilitas agregat, karbon tanah, iklim mikro, stabilitas hasil, dan diversifikasi pendapatan. Penelitian seperti yang dilakukan di Sumatra dan Amazon sudah menunjukkan bahwa indikator-indikator semacam itu dapat diukur. Tantangan berikutnya adalah menyederhanakannya menjadi sistem monitoring yang berguna bagi kebun nyata. ([PMC](#))

10. Kesimpulan

Agroforestri sawit menawarkan sebuah jalan penting untuk memikirkan ulang ketahanan iklim dalam perkebunan kelapa sawit. Bukti yang ada menunjukkan bahwa ketika kebun bergerak dari homogenitas yang kaku menuju lanskap yang lebih beragam secara vegetatif, sejumlah fungsi kunci ikut menguat: infiltrasi meningkat, serasah bertambah, tanah lebih terlindungi, stok karbon tanah dan agregat dapat meningkat, iklim mikro dapat lebih termoderasi, dan pada desain tertentu hasil sawit skala lanskap tidak harus menurun. Dalam beberapa konteks, total produksi sistem bahkan bisa naik karena tambahan hasil dari tanaman pendamping. ([PMC](#))

Namun, agroforestri sawit bukan solusi otomatis. Manfaatnya bergantung pada desain, tujuan, skala, umur kebun, spesies yang dipilih, dan kualitas pengelolaan. Karena itu, jalan ke depan bukanlah mengganti monokultur dengan satu slogan baru, melainkan mengembangkan bentuk-bentuk agroforestri sawit yang ilmiah, terukur, dan adil bagi pelaku kebun, terutama pekebun rakyat. Dalam kerangka itu, masa depan sawit yang tahan iklim akan sangat ditentukan oleh kemampuannya menggabungkan konservasi tanah, penyimpanan karbon, dan ketahanan produksi ke dalam satu desain lanskap yang lebih cerdas. Agroforestri bukan akhir dari perdebatan keberlanjutan sawit, tetapi ia sangat mungkin menjadi salah satu titik mula yang paling menjanjikan. (ocl-journal.org)

Glosarium

Agroforestri sawit: sistem budidaya yang mengintegrasikan kelapa sawit dengan pohon lain, tanaman sela, vegetasi bawah terkelola, atau elemen restorasi seperti pulau pohon dalam satu lanskap produksi. (ocl-journal.org)

Ketahanan iklim (climate resilience): kemampuan sistem produksi untuk menyerap gangguan iklim, menyesuaikan diri, dan tetap menjalankan fungsi utamanya tanpa kehilangan kapasitas jangka panjang. ([ICRAF SEA Publications](http://icraf-sea-publications.org))

Konservasi tanah: serangkaian proses dan praktik yang bertujuan mengurangi erosi, mempertahankan struktur tanah, meningkatkan infiltrasi, dan menjaga kehilangan hara tetap rendah. ([ICRAF SEA Publications](http://icraf-sea-publications.org))

Karbon organik tanah: fraksi karbon yang tersimpan dalam bahan organik tanah dan berperan penting dalam agregasi, retensi air, aktivitas mikroba, dan kesuburan jangka panjang. ([ScienceDirect](http://science-direct.com))

Tree islands: petak-petak atau pulau vegetasi pohon yang ditanam atau dibiarkan beregenerasi di dalam lanskap sawit untuk meningkatkan biodiversitas dan fungsi ekosistem. ([PMC](#))

Multifungsi ekosistem: kemampuan suatu sistem lanskap menjalankan banyak fungsi sekaligus, seperti produksi, infiltrasi, daur hara, penyanggaan iklim lokal, dan dukungan biodiversitas. ([PMC](#))

Mikroklimat: kondisi iklim pada skala lokal, terutama suhu, kelembapan, cahaya, dan angin, yang dipengaruhi oleh struktur vegetasi dan permukaan lahan. ([ScienceDirect](#))

Resiliensi produksi: kemampuan sistem kebun mempertahankan stabilitas hasil dan fungsi ekonomi meskipun menghadapi gangguan cuaca, iklim, atau tekanan ekologis. ([Jurnal Kelapa Sawit](#))

Daftar Pustaka (APA 7)

Ahirwal, J., Sahoo, U. K., Thangjam, U., & Thong, P. (2022). Oil palm agroforestry enhances crop yield and ecosystem carbon stock in northeast India: Implications for the United Nations sustainable development goals. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 478–487.

<https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.022>

Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik kelapa sawit Indonesia 2023*. BPS.

Donfack, L. S., et al. (2021). Microclimate and land surface temperature in a biodiversity enriched oil palm plantation. *Forest Ecology and Management*, 497, 119480.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *What is a healthy soil?* FAO.

Gomes, M. F., Oliveira, R. L. L. de, Costa, L. R. de J., Campos, W. V. da S., Kato, O. R., Castellani, D. C., & Vasconcelos, S. S. (2024). Soil health

indicators in oil palm agroforestry systems in the eastern Amazon, Brazil. *Geoderma Regional*, 37, e00806.

<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00806>

Hendrawan, D., & Musshoff, O. (2024). Risky for the income, useful for the environment: Predicting farmers' intention to adopt oil palm agroforestry using an extended theory of planned behaviour. *Journal of Cleaner Production*, 475, 143692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143692>

Kikuchi, T., et al. (2024). Combining planting trees and natural regeneration promotes long-term structural complexity in oil palm landscapes. *Forest Ecology and Management*, 574, 122278.

Martini, E., et al. (2021). *Agroforestry for climate resilience*. World Agroforestry/Agroforestry publications.

Munévar-Martínez, D. E., Ruiz-Álvarez, E., Estupiñán-Villamil, M. C., & Mosquera-Montoya, M. (2025). Sustainable intensification of oil palm production through integration with other crops: A review. *Oilseeds & Fats, Crops and Lipids*, 32, 31. <https://doi.org/10.1051/ocl/2025022>

Oliveira, R. L. L. de, Gomes, M. F., Viana-Junior, A. B., Teixeira, W. G., Castellani, D. C., Kato, O. R., & Vasconcelos, S. S. (2024). Oil palm agroforestry systems store more carbon and nitrogen in soil aggregates than monoculture in the Amazon. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 29(7), 66. <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10166-w>

Pradiko, I., Hariyadi, & June, T. (2023). Quantification of climate factors contributing to variation of oil palm yield. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 31(2), 108–123. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v31i2.222>

Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2024). *Outlook komoditas perkebunan kelapa sawit tahun 2024*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Roundtable on Sustainable Palm Oil. (2024). *2024 RSPO Principles and Criteria (Version 4.1)*. RSPO.

Salehan, H. S. M., Bahari, N. E., Mohamad, M., & Muslim, N. (2025). Evaluating the impact of drought on palm oil productions in Malaysia: Insights for agricultural modernization. *Journal of Statistical Modeling & Analytics*, 7(1), 23–31. <https://doi.org/10.22452/josma.vol7no1.3>

Thoumazeau, A., Mettauier, R., Turinah, Junedi, H., Baron, V., Chéron-Bessou, C., & Ollivier, J. (2024). Effects of fertilization practices and understory on soil health and oil palm performances in smallholdings: An Indonesian case study. *Agricultural Systems*, 213, 103802. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103802>

Zemp, D. C., et al. (2023). Tree islands enhance biodiversity and functioning in oil palm landscapes. *Nature*, 618(7964), 316–321. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06086-5>

Copilot for this article: ChatGPT 5.4. Thinking (2026). Access date: 30 March 2026. Author's account ([Rudy C Tarumingkeng](#)) <https://chatgpt.com/c/69c9f7ea-07f8-839d-8439-53545fd6934d>