

Dinamika Ritme Pertumbuhan Tajuk Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.): Tinjauan terhadap *Flush* Daun, Arsitektur Kanopi, Naungan, dan Pengelolaan Tajuk

*Dynamics of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Canopy Growth Rhythms: A Review of Leaf Flush, Canopy Architecture, Shading, and Canopy Management*

Bambang Budi Santoso^{1*}, Jayaputra¹, I Komang Damar Jaya¹

¹(Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

*corresponding author, email: bambang.bs@unram.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan tajuk tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) berlangsung secara ritmis melalui kemunculan daun muda atau flush, pematangan daun, dan fase dormansi tunas. Dinamika ini menentukan efisiensi intersepsi cahaya, keseimbangan vegetatif-generatif, serta kemampuan tanaman mendukung pembentukan bunga dan buah. Artikel ini bertujuan mengulas dinamika ritme pertumbuhan tajuk kakao berdasarkan sintesis literatur nasional dan internasional, dengan penekanan pada mekanisme flush daun, pengendalian fisiologis, pengaruh lingkungan, arsitektur kanopi, naungan, pemangkasan, dan implikasinya terhadap produktivitas. Metode yang digunakan adalah kajian pustaka naratif-integratif terhadap artikel ilmiah, prosiding, buku akademik, dan publikasi lembaga penelitian yang relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa ritme pertumbuhan tajuk kakao dipengaruhi oleh interaksi faktor endogen, seperti aktivitas meristem, hormon, umur daun, dan alokasi asimilat, serta faktor eksternal, terutama air, cahaya, suhu, kelembapan, sistem naungan, dan pemangkasan. Tajuk yang terlalu rapat dapat meningkatkan self-shading dan kelembapan, sedangkan tajuk yang terlalu terbuka berisiko meningkatkan cekaman panas dan defisit air. Oleh karena itu, pengelolaan tajuk kakao perlu diarahkan pada pembentukan kanopi seimbang, distribusi cahaya yang memadai, dan sinkronisasi antara pemangkasan, pemupukan, ketersediaan air, serta fase perkembangan buah.

Kata kunci: indeks luas daun; keseimbangan; intersepsi cahaya; naungan; pemangkasan

ABSTRACT

Canopy growth in cacao (*Theobroma cacao* L.) occurs rhythmically through leaf flushing, leaf maturation, and bud dormancy. This dynamic process determines light interception efficiency, vegetative-generative balance, and the capacity of the plant to support flowering and fruit development. This article aims to review the rhythmic dynamics of cacao canopy growth based on a synthesis of national and international literature, with emphasis on leaf flushing, physiological regulation, environmental influences, canopy architecture, shade, pruning, and implications for productivity. A narrative-integrative literature review was conducted using scientific articles, proceedings, academic books, and relevant technical publications from research institutions. The review shows that cacao canopy rhythm is regulated by interactions between endogenous factors, including meristem activity, hormones, leaf age, and assimilate allocation, and external factors, particularly water availability, light intensity, temperature, humidity, shade systems, and pruning practices. Excessively dense canopies may increase self-shading and humidity, whereas overly open canopies may intensify heat and water stress. Therefore, cacao canopy management should focus on maintaining a balanced canopy structure, adequate light distribution, and synchronization among pruning, fertilization, water availability, and fruit developmental stages.

Keywords: leaf area index; balance; light interception; shade; pruning

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan komoditas perkebunan penting di wilayah tropika, termasuk Indonesia. Dalam publikasi statistik perkebunan tahunan, Badan Pusat Statistik mencatat bahwa kakao termasuk komoditas unggulan yang disajikan bersama kelapa sawit, kopi, karet, teh, dan komoditas perkebunan utama lainnya berdasarkan luas areal, produksi, ekspor, dan impor (Badan Pusat Statistik, 2025). Posisi tersebut menunjukkan bahwa keberlanjutan produksi kakao tidak hanya ditentukan oleh aspek pascapanen dan mutu biji, tetapi juga oleh pengelolaan fisiologi tanaman di tingkat kebun, khususnya pertumbuhan tajuk dan keseimbangan kanopi.

Tajuk atau kanopi kakao berfungsi sebagai pusat fotosintesis, pengatur iklim mikro, penentu distribusi cahaya, dan ruang utama pembentukan organ vegetatif maupun generatif. Pada tanaman kakao, pertumbuhan daun tidak selalu berlangsung terus-menerus, melainkan terjadi secara berirama melalui periode flush, yaitu munculnya daun-daun muda secara serempak, kemudian diikuti pengerasan daun dan fase istirahat tunas. Carr dan Lockwood (2011) menjelaskan bahwa pertumbuhan daun dan tunas kakao berlangsung dalam rangkaian flush yang dapat tersinkronisasi oleh datangnya hujan setelah musim kering atau oleh peningkatan suhu, lalu diselingi periode dormansi. Pemahaman terhadap ritme pertumbuhan tajuk menjadi penting karena tajuk yang sehat tidak hanya ditentukan oleh banyaknya daun, tetapi juga oleh susunan daun, umur daun, kerapatan kanopi, kemampuan menangkap cahaya, dan hubungan antara pertumbuhan vegetatif dengan pembungaan serta pembuahan. Lahive, Hadley, dan Daymond (2019) menekankan bahwa produksi daun kakao terjadi melalui flush yang melibatkan pertumbuhan cepat tunas terminal dan pembentukan beberapa pasang daun muda; kondisi lingkungan seperti defisit air dapat menekan flush, sedangkan ketersediaan air kembali dapat memicu munculnya flush baru.

Berdasarkan uraian tersebut, kajian mengenai dinamika ritme pertumbuhan tajuk kakao menjadi penting karena dapat menjelaskan dasar fisiologis bagi pengelolaan kanopi yang lebih adaptif, produktif, dan berkelanjutan. Selama ini, pengelolaan kakao di tingkat kebun sering lebih menekankan pemupukan, pengendalian organisme pengganggu tanaman, dan pascapanen, sedangkan pengaturan ritme pertumbuhan tajuk belum selalu diposisikan sebagai bagian utama dari strategi peningkatan produktivitas. Artikel ini bertujuan untuk mengulas dan mensintesis literatur yang berkaitan dengan dinamika ritme pertumbuhan tajuk kakao, meliputi flush daun, pengendalian endogen, pengaruh lingkungan, arsitektur kanopi, naungan, pemangkasan, serta implikasinya terhadap keseimbangan vegetatif-generatif dan produktivitas tanaman.

BAHAN DAN METODE

Artikel ini disusun menggunakan metode kajian pustaka naratif-integratif. Pendekatan ini digunakan karena topik dinamika ritme pertumbuhan tajuk kakao mencakup beberapa aspek yang saling berkaitan, yaitu fisiologi pertumbuhan daun, flush, arsitektur kanopi, indeks luas daun, pengaruh naungan, pemangkasan, serta hubungan pertumbuhan vegetatif dengan produktivitas tanaman. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel jurnal nasional dan internasional, prosiding ilmiah, buku akademik, serta publikasi lembaga penelitian yang relevan.

Penelusuran literatur dilakukan melalui Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed, Garuda, Neliti, SINTA, ResearchGate, serta laman resmi lembaga penelitian perkebunan. Kata kunci yang digunakan dalam bahasa Indonesia meliputi “tajuk kakao”, “kanopi kakao”, “flush daun kakao”, “pertumbuhan daun kakao”, “indeks luas daun kakao”, “pemangkasan kakao”, dan “naungan kakao”. Kata kunci dalam bahasa Inggris meliputi cacao canopy, cocoa canopy architecture, Theobroma cacao leaf flushing, cacao leaf area index, cocoa shade management, cocoa pruning, dan cacao physiological response.

Literatur yang digunakan dipilih berdasarkan relevansinya dengan pertumbuhan tajuk kakao. Kriteria inklusi meliputi artikel yang membahas pertumbuhan vegetatif kakao, flush daun, arsitektur kanopi, indeks luas daun, pengaruh naungan, pemangkasan, hubungan air tanaman, serta respons fisiologis kakao terhadap lingkungan. Literatur yang hanya membahas pascapanen, fermentasi, pemasaran, atau aspek sosial ekonomi tanpa keterkaitan dengan pertumbuhan tajuk tidak digunakan sebagai sumber utama.

Seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu identifikasi berdasarkan judul dan kata kunci, penyaringan berdasarkan abstrak, pembacaan isi penuh, serta pengelompokan artikel berdasarkan tema. Informasi

yang diekstraksi meliputi penulis, tahun publikasi, lokasi penelitian, objek kajian, variabel yang diamati, temuan utama, serta relevansi temuan terhadap dinamika pertumbuhan tajuk kakao. Analisis dilakukan secara deskriptif-kualitatif melalui sintesis naratif. Literatur yang telah terpilih dikelompokkan ke dalam beberapa tema utama, yaitu ritme flush daun, pengendalian endogen pertumbuhan tajuk, pengaruh air dan cahaya, indeks luas daun dan arsitektur kanopi, pengaruh naungan, pengaruh pemangkasan, serta implikasi pengelolaan tajuk terhadap produktivitas. Hasil sintesis digunakan untuk membangun pemahaman bahwa pertumbuhan tajuk kakao merupakan proses dinamis yang dipengaruhi oleh interaksi faktor genetik, fisiologis, lingkungan, dan teknik budidaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tajuk tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan proses dinamis yang tidak berlangsung secara linier, melainkan mengikuti pola ritmis yang ditandai oleh kemunculan daun muda secara periodik atau dikenal sebagai fase flush. Dinamika tersebut menjadi bagian penting dalam memahami pertumbuhan vegetatif kakao karena tajuk berperan sebagai pusat aktivitas fotosintesis, pengatur intersepsi cahaya, pembentuk iklim mikro, serta penentu keseimbangan antara pertumbuhan daun, cabang, bunga, dan buah. Oleh karena itu, pembahasan mengenai ritme pertumbuhan tajuk tidak hanya terbatas pada penambahan jumlah daun atau cabang, tetapi juga mencakup mekanisme fisiologis, kondisi lingkungan, arsitektur kanopi, serta praktik pengelolaan tanaman di lapangan. Berdasarkan hasil penelusuran literatur, ritme pertumbuhan tajuk kakao dipengaruhi oleh interaksi antara faktor internal tanaman dan faktor eksternal lingkungan. Faktor internal meliputi aktivitas meristem pucuk, status hormon, umur daun, dan alokasi asimilat, sedangkan faktor eksternal mencakup ketersediaan air, intensitas cahaya, suhu, kelembapan, naungan, serta tindakan pemangkasan. Interaksi berbagai faktor tersebut menentukan kapan flush daun terjadi, seberapa kuat pertumbuhan daun baru, bagaimana struktur kanopi terbentuk, serta sejauh mana tajuk mampu mendukung produktivitas tanaman.

Pembahasan disusun secara bertahap agar hubungan antara teori fisiologi dan praktik pengelolaan kebun dapat terlihat secara runtut. Uraian dimulai dari kerangka sintesis literatur, dilanjutkan dengan konsep ritme flush, pengendalian endogen, pengaruh lingkungan, arsitektur kanopi, naungan, pemangkasan, hubungan tajuk dengan produktivitas, serta perkembangan teknologi pengamatan tajuk. Dengan susunan tersebut, hasil kajian diharapkan tidak hanya merangkum temuan terdahulu, tetapi juga memperlihatkan keterkaitan antarvariabel yang menentukan dinamika tajuk kakao.

Tabel 1. Kerangka Sintesis Pembahasan Dinamika Ritme Pertumbuhan Tajuk Kakao Berdasarkan Literatur

Sub-bab Pembahasan	Fokus Bahasan	Parameter/Indikator yang Dikaji	Referensi Utama
Ritme pertumbuhan tajuk kakao	Pola pertumbuhan daun dan tunas yang berlangsung secara periodik melalui fase flush dan dormansi	Flush daun, aktivitas tunas, fase daun muda, daun matang, dormansi pucuk	Abo-Hamed <i>et al.</i> (1981); Carr & Lockwood (2011); Lahive <i>et al.</i> (2019)
Pengendalian endogen pertumbuhan tajuk	Peran faktor internal tanaman dalam mengatur pertumbuhan tajuk	ABA, inhibitor pertumbuhan, status daun matang, alokasi asimilat	Abo-Hamed <i>et al.</i> (1981); Orchard <i>et al.</i> (1980)
Pengaruh lingkungan terhadap kanopi	Respons tajuk terhadap cahaya, air, suhu, dan kelembapan	Defisit air, konduktansi stomata, pertukaran gas, ukuran daun, flush	Carr & Lockwood (2011); Lahive <i>et al.</i> (2019)
Arsitektur kanopi dan indeks luas daun	Hubungan antara susunan tajuk, ILD, dan intersepsi cahaya	ILD, intersepsi cahaya, koefisien ekstingsi, kerapatan kanopi	Daymond <i>et al.</i> (2002); Zakariyya (2016)
Naungan dan iklim mikro	Pengaruh tanaman penaung terhadap fisiologi daun dan kanopi kakao	Intensitas cahaya, klorofil, nitrogen daun, stomata, suhu mikro	Regazzoni <i>et al.</i> (2014); Risal <i>et al.</i> (2026)
Pemangkasan dan respons flush	Peran pemangkasan dalam mengatur struktur tajuk dan pertumbuhan daun baru	Distribusi cahaya, aktivitas flushing, bentuk tajuk, beban vegetatif	Tosto <i>et al.</i> (2022); Zakariyya (2016)
Implikasi terhadap produktivitas	Hubungan tajuk dengan pembungaan, buah, dan hasil	Jumlah bunga, cherelle, buah panen, kompetisi source-sink	Tosto <i>et al.</i> (2022); Waldburger <i>et al.</i> (2024)

Tabel 1 disusun sebagai peta konseptual untuk memperjelas arah pembahasan hasil kajian. Setiap sub-bab dikaitkan dengan fokus bahasan, parameter atau indikator yang dikaji, serta referensi utama yang menjadi dasar sintesis. Melalui kerangka ini, dinamika ritme pertumbuhan tajuk kakao dipahami sebagai rangkaian proses yang saling berhubungan, mulai dari aktivitas flush daun dan pengendalian fisiologis internal hingga pengaruh lingkungan, naungan, pemangkasan, dan implikasinya terhadap produktivitas tanaman.

Tabel 2. Ringkasan Literatur Utama tentang Tajuk, Kanopi, dan Flush Kakao

Penulis dan Tahun	Fokus Kajian	Temuan Utama	Relevansi terhadap Artikel
Abo-Hamed <i>et al.</i> (1981)	Hubungan ABA, daun matang, dan dormansi flush	Fase dorman pada siklus flush berkorelasi dengan kadar ABA tinggi pada daun matang; defoliiasi daun matang memperpendek dormansi	Menjelaskan mekanisme endogen ritme flush
Carr & Lockwood (2011)	Hubungan air dan kebutuhan irigasi kakao	Air berperan penting dalam pertumbuhan, status stomata, pertukaran gas, dan mitigasi kekeringan	Menjelaskan peran status air dalam dinamika tajuk
Niemenak <i>et al.</i> (2010)	Skala BBCH untuk fenologi kakao	Tahap fenologi kakao dapat dikodifikasi untuk memudahkan komunikasi ilmiah dan praktik budidaya	Memperkuat dasar pengamatan fase pertumbuhan tajuk
Daymond <i>et al.</i> (2002)	Karakteristik kanopi klon kakao	ILD berbeda antarklon; setelah sekitar sembilan bulan, ILD bervariasi sekitar 2,8–4,5 pada klon yang diamati	Menjelaskan pentingnya genotipe dan arsitektur kanopi
Regazzoni <i>et al.</i> (2014)	Respons fisiologis klon kakao di bawah penaung berbeda	Klon kakao menunjukkan karakter fisiologis berbeda di bawah spesies penaung yang berbeda	Menjelaskan interaksi klon, naungan, dan fisiologi daun
Zakariyya (2016)	Indeks luas daun sebagai indikator pertumbuhan kakao	ILD dapat digunakan sebagai indikator kerapatan kanopi, biomassa, evapotranspirasi, dan distribusi cahaya	Memperkuat indikator pengamatan tajuk dalam konteks Indonesia
Lahive <i>et al.</i> (2019)	Respons fisiologis kakao terhadap lingkungan	Kakao merespons variabel iklim seperti air, suhu, cahaya, dan CO ₂ ; terdapat peluang seleksi genotipe tahan cekaman	Menjelaskan hubungan tajuk dengan adaptasi iklim
Tosto <i>et al.</i> (2022)	Pengaruh pemangkasan terhadap pertumbuhan dan hasil kakao	Pemangkasan meningkatkan aktivitas flushing dan memperbaiki distribusi cahaya, tetapi efeknya dipengaruhi ukuran pohon dan kompetisi	Menjelaskan pemangkasan sebagai pengatur arsitektur tajuk
Waldburger <i>et al.</i> (2024)	Ritme pertumbuhan batang dan flush daun	Flush daun berkaitan dengan dinamika pertumbuhan batang dan dapat memengaruhi perkembangan buah muda	Menjelaskan hubungan tajuk, batang, dan buah
Risal <i>et al.</i> (2026)	Naungan multistrata pada kakao rakyat	Naungan multistrata memengaruhi hubungan tanah–daun–fisiologi pada sistem kakao rakyat di Sulawesi Selatan	Memperkuat relevansi agroforestri kakao tropika

Tabel 2 merangkum literatur utama yang digunakan sebagai dasar pembahasan. Ringkasan ini menunjukkan bahwa kajian tajuk kakao berkembang dari penelitian fisiologi klasik mengenai flush, dormansi, dan distribusi asimilat menuju kajian modern mengenai arsitektur kanopi, pemangkasan, naungan multistrata, serta teknologi pengamatan tajuk. Dengan demikian, pembahasan artikel ini tidak bertumpu pada satu aspek tunggal, tetapi mengintegrasikan bukti dari fisiologi tanaman, agroforestri, dan manajemen budidaya.

Berdasarkan kerangka sintesis dan ringkasan literatur tersebut, pembahasan berikut diarahkan untuk menjelaskan bagaimana ritme tajuk terbentuk, faktor apa saja yang mengendalikannya, serta bagaimana temuan tersebut dapat diterjemahkan ke dalam pengelolaan kebun kakao.

1. Konsep ritme pertumbuhan tajuk kakao

Pertumbuhan tajuk kakao bersifat episodik. Tidak seperti tanaman yang menghasilkan daun baru secara perlahan dan kontinu, kakao cenderung menghasilkan kelompok daun baru secara serempak dalam satu periode

flush. Pada fase awal, daun muda biasanya masih lunak, berwarna kemerahan atau hijau muda, memiliki kandungan klorofil yang belum optimal, dan belum sepenuhnya berfungsi sebagai sumber asimilat. Setelah daun mengembang dan mengeras, daun mulai berperan lebih aktif dalam fotosintesis dan mendukung pertumbuhan organ lain.

Niemenak *et al.* (2010) mengembangkan deskripsi fase fenologi kakao berdasarkan skala BBCH, yang membantu membedakan tahap perkembangan vegetatif dan generatif secara lebih sistematis. Dalam konteks pertumbuhan tajuk, pendekatan fenologi semacam ini penting karena pengamatan kanopi tidak cukup hanya berdasarkan tinggi tanaman atau jumlah cabang, tetapi juga perlu melihat fase daun, aktivitas tunas, dan hubungan antara flush dengan pertumbuhan batang, akar, bunga, serta buah.

Secara fisiologis, flush daun kakao berkaitan dengan perubahan status sumber dan lubuk asimilat. Daun muda yang sedang berkembang merupakan lubuk kuat karena membutuhkan karbohidrat dan unsur hara untuk ekspansi jaringan. Pada saat yang sama, pertumbuhan akar, batang, bunga, dan buah juga memerlukan asimilat. Oleh karena itu, periode flush dapat menimbulkan kompetisi internal antarorgan tanaman, terutama jika tanaman berada dalam kondisi cekaman air, kekurangan hara, atau menerima cahaya yang tidak optimal.

Tabel 3. Tahapan Fisiologis Ritme Pertumbuhan Tajuk Kakao

Tahap Ritme Tajuk	Ciri Morfologis	Ciri Fisiologis	Implikasi terhadap Tanaman
Inisiasi flush	Tunas mulai aktif, daun muda mulai muncul	Aktivitas meristem meningkat; kebutuhan asimilat mulai naik	Tanaman mulai mengalokasikan sumber daya untuk pertumbuhan vegetatif
Ekspansi daun muda	Daun muda berkembang cepat, tekstur lunak, warna kemerahan/hijau muda	Daun masih berperan sebagai organ sink; fotosintesis belum maksimal	Kompetisi asimilat dengan bunga, buah muda, akar, dan batang dapat meningkat
Pematangan daun	Daun mengeras, warna menjadi hijau tua, ukuran daun relatif stabil	Kapasitas fotosintesis meningkat; daun mulai menjadi source	Tajuk mulai berkontribusi lebih besar terhadap suplai asimilat
Fase dormansi tunas	Pertumbuhan pucuk melambat atau berhenti sementara	Aktivitas tunas menurun; ABA dan senyawa penghambat berperan dalam fase dorman	Tanaman memasuki jeda sebelum flush berikutnya
Reaktivasi flush	Tunas kembali aktif, terutama setelah kondisi lingkungan membaik	Status air dan suhu yang mendukung dapat memicu flush baru	Siklus pertumbuhan tajuk berulang

Tabel 3 memperjelas bahwa ritme pertumbuhan tajuk kakao terdiri atas beberapa tahapan yang berurutan, yaitu inisiasi flush, ekspansi daun muda, pematangan daun, dormansi tunas, dan reaktivasi flush. Setiap tahap memiliki ciri morfologis dan fisiologis yang berbeda, sehingga pengamatan tajuk perlu memperhatikan fase perkembangan daun, bukan hanya jumlah daun atau ukuran cabang. Pemahaman terhadap tahapan ini penting untuk menentukan waktu pengelolaan, terutama pemangkasan, pemupukan, dan pengaturan naungan.

2. Pengendalian endogen: hormon, dormansi, dan alokasi asimilat

Ritme pertumbuhan tajuk kakao tidak semata-mata dikendalikan oleh lingkungan, tetapi juga oleh faktor endogen. Abo-Hamed, Collin, dan Hardwick (1981) menunjukkan bahwa fase dorman dalam siklus flush berkaitan dengan tingginya kadar asam absisat atau ABA pada daun matang dari flush baru maupun flush sebelumnya. Defoliiasi daun matang dapat memperpendek fase dormansi, yang mengindikasikan bahwa daun matang berperan sebagai sumber penghambat pertumbuhan yang memengaruhi aktivitas pucuk.

Temuan tersebut memperlihatkan bahwa daun kakao bukan hanya organ fotosintesis, tetapi juga bagian dari sistem regulasi pertumbuhan. Daun yang telah matang dapat memengaruhi kapan tunas berikutnya kembali aktif. Dengan demikian, ritme tajuk merupakan hasil interaksi antara pertumbuhan daun muda, pematangan daun, akumulasi hormon, dan kesiapan fisiologis tunas untuk kembali tumbuh.

Selain hormon, cadangan karbohidrat juga berperan penting. Pada periode flush, daun muda menjadi pusat kebutuhan asimilat sehingga cadangan karbohidrat pada daun tua, batang, dan akar dapat digunakan untuk mendukung ekspansi daun. Kondisi ini menjelaskan mengapa flush yang terlalu sering, tidak seimbang, atau terjadi pada saat tanaman kekurangan air dan hara dapat mengganggu keseimbangan vegetatif-generatif. Kajian tentang distribusi asimilat menunjukkan bahwa pertumbuhan tunas dan akar kakao dapat berlangsung bergantian secara ritmis, sehingga pertumbuhan tajuk yang kuat dapat sementara menekan pertumbuhan akar (Orchard, Collin, & Hardwick, 1980; Sleight, Collin, & Hardwick, 1984).

Tabel 4. Faktor Pengendali Dinamika Ritme Pertumbuhan Tajuk Kakao

Faktor Pengendali	Bentuk Pengaruh terhadap Tajuk	Dampak terhadap Ritme Pertumbuhan	Implikasi Pengelolaan
Air tanah	Menentukan kemampuan ekspansi daun dan aktivitas stomata	Kekeringan dapat menekan flush; pemulihan air dapat memicu flush baru	Perlu konservasi air, mulsa, naungan proporsional, dan drainase baik
Cahaya	Menentukan fotosintesis dan distribusi energi dalam kanopi	Cahaya rendah mengurangi fotosintesis; cahaya berlebih meningkatkan risiko stres panas dan air	Naungan perlu diatur agar tidak terlalu rapat atau terlalu terbuka
Suhu	Memengaruhi metabolisme, respirasi, dan laju perkembangan daun	Suhu tinggi dapat meningkatkan kehilangan air dan mempercepat stres tajuk	Sistem agroforestri dan naungan multistrata dapat membantu menstabilkan iklim mikro
Kelembapan udara	Memengaruhi defisit tekanan uap dan transpirasi	Kelembapan terlalu rendah meningkatkan kehilangan air; terlalu tinggi dapat mendukung penyakit	Perlu sirkulasi udara melalui pemangkasan dan pengaturan jarak tanam
Genotipe/klon	Menentukan bentuk tajuk, ukuran daun, dan respons terhadap cahaya	Klon berbeda dapat memiliki ILD dan arsitektur kanopi berbeda	Pemilihan klon sebaiknya mempertimbangkan karakter tajuk dan adaptasi lingkungan
Hormon tanaman	Mengatur dormansi dan reaktivasi tunas	ABA dan inhibitor pertumbuhan berkaitan dengan fase dormansi flush	Pengelolaan tajuk perlu mempertimbangkan waktu flush dan kondisi fisiologis tanaman
Pemangkasan	Mengubah distribusi cahaya dan keseimbangan vegetatif	Dapat merangsang flush baru dan memperbaiki arsitektur tajuk	Pemangkasan sebaiknya tidak terlalu berat dan disesuaikan dengan musim serta kondisi tanaman

Tabel 4 menegaskan bahwa dinamika ritme tajuk kakao dikendalikan oleh kombinasi faktor fisiologis, genetik, lingkungan, dan tindakan budidaya. Air tanah, cahaya, suhu, kelembapan, genotipe, hormon, dan pemangkasan tidak bekerja secara terpisah, tetapi saling memengaruhi pembentukan flush, pematangan daun, dan keseimbangan kanopi. Oleh karena itu, pengelolaan tajuk yang efektif harus mempertimbangkan kondisi tanaman dan lingkungan secara bersamaan, bukan hanya menerapkan pemangkasan atau pengaturan naungan secara mekanis.

3. Lingkungan sebagai pemicu dan pembatas ritme tajuk

Faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap dinamika tajuk kakao adalah cahaya, air, suhu, kelembapan, dan defisit tekanan uap udara. Lahive *et al.* (2019) menjelaskan bahwa defisit air dapat menekan flush daun, sedangkan setelah kelembapan tanah pulih, flush dapat kembali muncul. Daun yang terbentuk setelah periode kering cenderung lebih kecil dan dapat memiliki umur yang lebih pendek, yang merupakan bentuk penyesuaian tanaman terhadap keterbatasan air.

Ketersediaan air sangat erat kaitannya dengan ritme pertumbuhan tajuk karena ekspansi daun membutuhkan tekanan turgor yang memadai. Carr dan Lockwood (2011) menyebutkan bahwa pertumbuhan daun dan tunas kakao terjadi dalam rangkaian flush, sedangkan status air memengaruhi konduktansi stomata, pertukaran gas, dan hubungan air tanaman. Ketika tekanan air meningkat, tanaman dapat menekan pertumbuhan daun baru sebagai strategi konservasi air. Cahaya juga memiliki pengaruh ganda. Pada satu sisi, peningkatan cahaya dapat

meningkatkan fotosintesis dan menyediakan lebih banyak asimilat untuk pertumbuhan tajuk. Pada sisi lain, tajuk yang terlalu terbuka dapat meningkatkan suhu, evapotranspirasi, dan risiko cekaman air. Pada sistem dengan naungan, kakao memperoleh lingkungan yang lebih stabil, tetapi naungan berlebih dapat menurunkan intensitas cahaya yang masuk ke lapisan tajuk bawah. Lahive *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pengaturan naungan perlu mempertimbangkan kondisi lokal karena naungan dapat membantu menurunkan defisit tekanan uap pada musim kering, tetapi dapat membatasi hasil jika terlalu rapat.

Tabel 5. Parameter Pengamatan Dinamika Tajuk Kakao

Parameter Pengamatan	Definisi Singkat	Cara Pengamatan	Makna Fisiologis/Agronomis
Jumlah flush	Banyaknya periode kemunculan daun muda dalam satu rentang waktu	Observasi berkala terhadap tunas dan daun muda	Menunjukkan aktivitas pertumbuhan vegetatif
Jumlah daun baru	Jumlah daun yang muncul pada setiap flush	Menghitung daun muda per cabang atau per tanaman contoh	Menggambarkan intensitas pertumbuhan tajuk
Panjang tunas	Pertambahan panjang pucuk atau cabang muda	Pengukuran dengan mistar/pita ukur	Menunjukkan kekuatan pertumbuhan vegetatif
Luas daun	Ukuran permukaan daun	Pengukuran langsung, leaf area meter, atau estimasi panjang \times lebar	Menentukan kapasitas potensial fotosintesis
Indeks luas daun	Perbandingan total luas daun dengan luas tanah yang dinaungi	Metode langsung atau alat kanopi/hemispherical photography	Menggambarkan kerapatan kanopi dan intersepsi cahaya
Intersepsi cahaya	Persentase cahaya yang tertangkap oleh tajuk	Pengukuran radiasi di atas dan di bawah kanopi	Menunjukkan efisiensi tajuk dalam menangkap cahaya
Klorofil daun	Kandungan pigmen fotosintetik	SPAD meter atau analisis laboratorium	Menunjukkan status fisiologis daun dan potensi fotosintesis
Kerapatan stomata	Jumlah stomata per satuan luas daun	Preparat epidermis atau mikroskop	Berkaitan dengan pertukaran gas dan transpirasi
Sudut dan susunan daun	Orientasi daun dalam tajuk	Pengamatan morfologi atau analisis citra	Memengaruhi penetrasi cahaya dalam kanopi
Diameter batang/cabang	Pertumbuhan sekunder tanaman	Pengukuran diameter atau dendrometer	Menghubungkan pertumbuhan vegetatif tajuk dan batang

Tabel 5 menunjukkan bahwa dinamika tajuk kakao dapat diamati melalui sejumlah parameter terukur, mulai dari jumlah flush, jumlah daun baru, panjang tunas, luas daun, indeks luas daun, intersepsi cahaya, klorofil, stomata, hingga diameter batang atau cabang. Parameter-parameter tersebut dapat digunakan untuk menjembatani kajian fisiologis dengan praktik evaluasi lapangan. Dengan demikian, penilaian tajuk tidak hanya bersifat visual, tetapi dapat diarahkan menjadi lebih objektif dan terukur.

4. Arsitektur kanopi dan indeks luas daun

Indeks luas daun atau ILD merupakan parameter penting untuk memahami dinamika tajuk kakao. Zakariyya (2016) menjelaskan bahwa ILD menggambarkan perbandingan antara total luas permukaan daun dalam kanopi dengan luas bidang tanah yang tertutupi tajuk. ILD dapat digunakan sebagai indikator kerapatan kanopi, biomassa, evapotranspirasi, kesehatan tanaman, dan potensi produktivitas. Nilai ILD yang terlalu rendah dapat membatasi fotosintesis, sedangkan nilai ILD yang terlalu tinggi dapat meningkatkan self-shading sehingga daun bagian bawah tidak efektif berfotosintesis.

Daymond, Hadley, Machado, dan Ng (2002) melaporkan bahwa pada sepuluh klon kakao dewasa di Bahia, Brasil, nilai ILD yang relatif konstan setelah sekitar sembilan bulan bervariasi antara 2,8 hingga 4,5. Perbedaan

hubungan antara ILD dan intersepsi cahaya menunjukkan adanya variasi arsitektur kanopi antar klon, sehingga pemuliaan tanaman kakao berpotensi diarahkan pada pembentukan kanopi yang lebih efisien secara fotosintetik.

Dalam konteks Indonesia, Regazzoni, Sugito, Suryanto, dan Prawoto (2014) menunjukkan adanya interaksi antara jenis penaung dan klon kakao terhadap ILD dan kerapatan stomata. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa kadar klorofil, kadar nitrogen daun, dan luas daun spesifik dipengaruhi oleh jenis tanaman penaung. Hasil ini menegaskan bahwa arsitektur tajuk kakao tidak dapat dilepaskan dari kombinasi antara genotipe, lingkungan cahaya, dan sistem naungan. Zakariyya (2016) juga menyebutkan bahwa tanaman kakao produktif memerlukan ILD pada kisaran tertentu agar cahaya dapat diterima merata oleh tajuk. Apabila flush tumbuh terlalu rimbun tanpa pengelolaan, penetrasi cahaya ke lapisan tajuk bawah akan menurun, nilai ILD dapat melampaui kisaran optimal, dan terjadi kompetisi asimilat antara organ vegetatif dan generatif.

5. Pengaruh naungan terhadap ritme pertumbuhan tajuk

Kakao secara ekologis dikenal sebagai tanaman bawah tajuk hutan tropis, sehingga toleran terhadap naungan. Namun, toleransi terhadap naungan bukan berarti kakao selalu tumbuh optimal pada kondisi cahaya rendah. Tanaman tetap membutuhkan intensitas cahaya yang cukup untuk fotosintesis, pembentukan daun sehat, dan pembungaan. Regazzoni *et al.* (2014) menunjukkan bahwa tanaman penaung yang berbeda dapat menghasilkan respons fisiologis berbeda pada kakao, termasuk perubahan ILD, luas daun spesifik, klorofil, nitrogen daun, dan stomata.

Risal *et al.* (2026) dalam penelitian di Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa struktur naungan multistrata pada sistem kakao rakyat dapat memperbaiki iklim mikro bawah tajuk, meningkatkan aspek kesuburan tanah, serta memengaruhi klorofil dan karakter stomata daun. Naungan multistrata yang dirancang dengan baik, terutama yang melibatkan *Gliricidia sepium*, dapat mendukung pertumbuhan vegetatif dan stabilitas jumlah cherelle pada sistem kakao rakyat. Temuan tersebut memperkuat pandangan bahwa naungan bukan sekadar pelindung dari cahaya berlebih, tetapi bagian dari desain ekofisiologis kebun. Naungan yang ideal perlu mempertahankan cahaya baur, aliran udara, kelembapan tanah, dan ketersediaan hara, tanpa menyebabkan kanopi kakao menjadi terlalu gelap dan lembap.

Tabel 6. Pengaruh Naungan terhadap Dinamika Tajuk dan Fisiologi Kakao

Kondisi Naungan	Dampak terhadap Tajuk	Dampak Fisiologis	Potensi Risiko	Implikasi Pengelolaan
Tanpa naungan atau naungan sangat rendah	Tajuk menerima cahaya tinggi; pertumbuhan dapat cepat bila air cukup	Fotosintesis dapat meningkat, tetapi transpirasi dan suhu daun juga meningkat	Stres panas, defisit air, daun menguning, flush terganggu	Cocok hanya bila air dan hara cukup; perlu mulsa dan konservasi kelembapan
Naungan sedang	Tajuk memperoleh cahaya cukup dan iklim mikro lebih stabil	Stomata, klorofil, dan keseimbangan air relatif lebih baik	Risiko rendah bila sirkulasi udara baik	Umumnya paling ideal untuk menjaga keseimbangan vegetatif dan generatif
Naungan terlalu rapat	Tajuk menjadi rimbun, cahaya ke bagian bawah terbatas	Fotosintesis daun bawah menurun; kelembapan meningkat	Penyakit, cabang tidak produktif, pembungaan menurun	Perlu pemangkasan penaung dan tajuk kakao
Naungan multistrata	Tajuk kakao berada dalam sistem agroforestri dengan beberapa lapisan vegetasi	Mikroklimat lebih stabil, tanah lebih terlindung, potensi ketahanan iklim meningkat	Persaingan cahaya, air, dan hara jika tidak dikelola	Perlu komposisi penaung yang seimbang dan pemangkasan periodik

Tabel 6 memperlihatkan bahwa naungan memiliki pengaruh ganda terhadap tajuk dan fisiologi kakao. Naungan sedang dapat membantu menstabilkan iklim mikro dan menjaga keseimbangan pertumbuhan, sedangkan naungan yang terlalu rendah atau terlalu rapat dapat menimbulkan risiko yang berbeda. Tanpa naungan yang memadai, tanaman lebih rentan terhadap stres panas dan defisit air; sebaliknya, naungan berlebih dapat menurunkan penetrasi cahaya dan meningkatkan kelembapan tajuk. Oleh karena itu, pengelolaan naungan perlu diarahkan pada keseimbangan antara perlindungan mikroklimat dan kecukupan cahaya fotosintetik.

6. Pemangkasan sebagai pengatur ritme tajuk

Pemangkasan merupakan teknik penting untuk mengatur ritme pertumbuhan tajuk kakao. Pemangkasan berfungsi membuang cabang tidak produktif, tunas air, cabang sakit, dan bagian tajuk yang terlalu rapat. Tujuannya bukan hanya membentuk tanaman agar mudah dipelihara, tetapi juga menjaga distribusi cahaya, sirkulasi udara, keseimbangan vegetatif-generatif, dan efisiensi fotosintesis.

Tosto, Zuidema, Goudsmit, Evers, dan Anten (2022) melaporkan bahwa pemangkasan pada kakao dapat meningkatkan aktivitas flushing dan memperbaiki distribusi cahaya dalam kanopi. Namun, dampak pemangkasan terhadap hasil sangat dipengaruhi oleh ukuran pohon dan tingkat kompetisi dengan pohon sekitarnya. Artinya, pemangkasan tidak dapat diterapkan secara seragam pada semua pohon, melainkan perlu mempertimbangkan kondisi individual tanaman.

Dalam konteks teknis nasional, Zakariyya (2016) menegaskan bahwa pemangkasan diperlukan untuk menjaga nilai ILD tetap optimal. Pemangkasan yang terencana dapat mencegah tajuk terlalu rimbun, menjaga penetrasi cahaya, dan mengurangi persaingan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif. Rekomendasi pemangkasan pada sumber tersebut mencakup pangkas produksi setelah puncak panen atau memasuki musim hujan, serta pangkas pemeliharaan di antara periode pangkas produksi.

Dengan demikian, pemangkasan sebaiknya dipahami sebagai instrumen pengaturan ritme tajuk. Setelah pemangkasan, tanaman sering merespons dengan flush baru. Respons ini menguntungkan jika flush tersebut menghasilkan daun sehat dan memperbaiki struktur tajuk. Namun, jika pemangkasan terlalu berat atau dilakukan saat tanaman sedang mengalami cekaman, flush baru justru dapat memperbesar kebutuhan asimilat dan air.

Tabel 7. Pengaruh Pemangkasan terhadap Struktur Tajuk Kakao

Aspek Pemangkasan	Respons Tajuk	Manfaat Agronomis	Risiko Bila Tidak Tepat	Waktu/Prinsip Pelaksanaan
Pemangkasan tunas air	Mengurangi pertumbuhan vegetatif tidak produktif	Menghemat asimilat dan memperbaiki bentuk tajuk	Jika diabaikan, tajuk menjadi terlalu rapat	Dilakukan secara rutin saat tunas air muncul
Pemangkasan cabang sakit/rusak	Mengurangi sumber infeksi dan beban tajuk	Menjaga kesehatan tanaman dan sirkulasi udara	Penyakit dapat menyebar ke bagian tajuk lain	Dilakukan segera setelah cabang sakit ditemukan
Pemangkasan cabang terlalu rapat	Membuka ruang cahaya dalam kanopi	Meningkatkan penetrasi cahaya dan efisiensi fotosintesis	Pemangkasan terlalu berat dapat menurunkan luas daun produktif	Dilakukan bertahap, tidak ekstrem
Pemangkasan bentuk tajuk	Membentuk kanopi seimbang dan mudah dikelola	Memudahkan panen, sanitasi, dan pengendalian hama penyakit	Tajuk tidak seimbang dapat meningkatkan rebah/cabang patah	Disesuaikan umur tanaman dan arsitektur klon
Pemangkasan setelah panen/pra-musim hujan	Merangsang flush baru pada kondisi lingkungan lebih mendukung	Daun baru dapat tumbuh lebih optimal	Bila dilakukan saat kering, flush dapat mengalami stres air	Sebaiknya dilakukan saat tanaman tidak mengalami cekaman berat

Tabel 7 menjelaskan bahwa pemangkasan berperan sebagai instrumen utama untuk mengatur struktur tajuk, distribusi cahaya, dan keseimbangan vegetatif-generatif. Setiap bentuk pemangkasan memiliki fungsi yang berbeda, mulai dari mengendalikan tunas air, membuang cabang sakit, membuka ruang cahaya, membentuk tajuk, hingga merangsang flush baru setelah panen atau menjelang musim hujan. Namun, manfaat pemangkasan hanya optimal apabila dilakukan sesuai kondisi tanaman, umur kebun, musim, dan beban buah.

7. Hubungan flush daun dengan pertumbuhan batang dan buah

Flush daun tidak hanya berdampak pada penambahan daun, tetapi juga memengaruhi pertumbuhan batang dan perkembangan buah. Waldburger *et al.* (2024) menggunakan dendrometer untuk mengamati ritme pertumbuhan batang dan flush daun pada kakao di iklim semi-arid Brasil. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa

kemunculan daun baru berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan batang, dan peningkatan abortus buah terjadi selama fase awal flush daun. Temuan ini penting karena menunjukkan adanya kompetisi sumber daya antara daun muda, batang, dan buah. Pada fase awal flush, daun muda memerlukan air, hara, dan asimilat dalam jumlah besar. Jika pada saat bersamaan tanaman membawa banyak buah muda, maka risiko gugur buah atau cherelle wilt dapat meningkat. Oleh sebab itu, sinkronisasi antara pemangkasan, pemupukan, pengairan, dan fase perkembangan buah perlu diperhatikan dalam pengelolaan kebun kakao.

Tabel 8. Hubungan Tajuk, Flush Daun, dan Produktivitas Kakao

Komponen Tajuk	Hubungan dengan Produktivitas	Penjelasan Mekanisme	Implikasi Praktis
Daun muda hasil flush	Belum sepenuhnya menyumbang fotosintesis	Daun muda lebih banyak menggunakan asimilat untuk ekspansi jaringan	Flush berlebihan saat tanaman berbuah dapat meningkatkan kompetisi asimilat
Daun matang	Menjadi sumber utama fotosintat	Daun matang mendukung pembentukan bunga, buah, batang, dan akar	Tajuk perlu mempertahankan cukup daun matang yang sehat
Tajuk terlalu rapat	Dapat menurunkan efisiensi fotosintesis	Daun bawah mengalami naungan diri atau self-shading	Pemangkasan diperlukan untuk menjaga distribusi cahaya
Tajuk terlalu terbuka	Dapat meningkatkan stres lingkungan	Suhu daun dan kehilangan air meningkat	Naungan dan konservasi air diperlukan
Indeks luas daun optimal	Mendukung intersepsi cahaya dan fotosintesis	Daun cukup banyak, tetapi tidak saling menaungi secara berlebihan	ILD dapat menjadi indikator pengelolaan kanopi
Keseimbangan vegetatif-generatif	Menentukan alokasi asimilat antara daun, bunga, dan buah	Flush, pembungaan, dan perkembangan buah dapat saling berkompetisi	Pemangkasan, pemupukan, dan pengairan perlu disesuaikan fase tanaman

Tabel 8 memperlihatkan hubungan langsung antara komponen tajuk, proses flush daun, dan produktivitas kakao. Daun muda hasil flush belum sepenuhnya berfungsi sebagai sumber fotosintat, sedangkan daun matang menjadi penyokong utama pembentukan bunga, buah, batang, dan akar. Oleh sebab itu, tajuk yang ideal bukan tajuk yang paling rimbun, tetapi tajuk yang mampu menjaga keseimbangan antara daun muda, daun matang, penetrasi cahaya, serta kebutuhan asimilat untuk organ generatif.

8. Perkembangan riset modern: anatomi daun, stomata, dan teknologi pengamatan tajuk

Riset terbaru mulai melihat dinamika tajuk kakao pada tingkat yang lebih rinci, termasuk perkembangan kloroplas, stomata, dan pola spasial daun selama fase flush. Baek *et al.* (2025) menunjukkan bahwa pada daun kakao yang sedang berkembang, pola kloroplas dan stomata berubah secara terkoordinasi selama pematangan daun. Penelitian tersebut menggunakan pencitraan mikroskopis dan pembelajaran mesin untuk mengklasifikasikan wilayah daun berdasarkan karakter morfologis dengan akurasi lebih dari 80%.

Pendekatan ini membuka peluang baru dalam memahami pertumbuhan tajuk kakao. Selama ini pengamatan tajuk lebih banyak dilakukan melalui jumlah daun, luas daun, tinggi tanaman, atau intensitas cahaya. Ke depan, pemantauan tajuk dapat diperkaya dengan teknologi sensor, citra digital, dendrometer, kamera multispektral, dan analisis berbasis kecerdasan buatan. Pengembangan teknologi tersebut penting untuk mendeteksi fase flush, status kesehatan daun, respons terhadap cekaman, dan kebutuhan pemangkasan secara lebih presisi.

Tabel 9. Rekomendasi Pengelolaan Tajuk Berdasarkan Dinamika Ritme Pertumbuhan Kakao

Kondisi Tajuk di Lapangan	Indikasi Masalah	Tindakan Pengelolaan	Tujuan
Tajuk sangat rapat dan lembap	Cahaya sulit masuk, cabang saling bertumpuk, daun bawah	Pemangkasan cabang tidak produktif dan pengaturan	Meningkatkan cahaya dan sirkulasi udara

Kondisi Tajuk di Lapangan	Indikasi Masalah	Tindakan Pengelolaan	Tujuan
Flush lemah atau jarang	menguning Daun baru sedikit, tunas lambat aktif	penaung Evaluasi air, hara, dan intensitas cahaya	Mendorong pertumbuhan vegetatif sehat
Flush terlalu kuat saat banyak buah muda	Banyak daun muda muncul bersamaan dengan perkembangan buah	Hindari pemangkasan berat; dukung pemupukan dan air	Mengurangi kompetisi asimilat
Daun muda cepat layu atau gugur	Kemungkinan defisit air atau suhu tinggi	Perbaiki kelembapan tanah, gunakan mulsa, atur naungan	Mengurangi cekaman air dan panas
Tajuk terlalu terbuka	Daun terkena cahaya langsung berlebihan	Tambah/atur penaung dan hindari pemangkasan berat	Menjaga iklim mikro tajuk
Produksi bunga rendah	Tajuk terlalu gelap atau vegetatif berlebihan	Pangkas ringan dan buka kanopi secara bertahap	Menyeimbangkan vegetatif dan generatif
Banyak cabang sakit/rusak	Sanitasi buruk dan kelembapan tinggi	Pangkas sanitasi dan buang bagian terinfeksi	Menekan sumber penyakit

Tabel 9 menyajikan implikasi praktis dari sintesis literatur dalam bentuk rekomendasi pengelolaan tajuk. Kondisi lapangan seperti tajuk terlalu rapat, flush lemah, flush berlebihan saat tanaman berbuah, daun muda cepat layu, atau produksi bunga rendah dapat digunakan sebagai indikator awal untuk menentukan tindakan pengelolaan. Tabel ini menegaskan bahwa pengelolaan tajuk kakao sebaiknya bersifat diagnostik dan adaptif, yaitu disesuaikan dengan kondisi aktual tanaman, lingkungan, dan fase pertumbuhan.

KESIMPULAN

Dinamika pertumbuhan tajuk kakao merupakan proses ritmis yang ditandai oleh siklus flush daun, pematangan daun, dan fase dormansi tunas. Ritme tersebut dikendalikan oleh interaksi faktor endogen, seperti hormon ABA dan alokasi asimilat, serta faktor lingkungan, seperti air, cahaya, suhu, kelembapan, dan sistem naungan. Tajuk kakao yang ideal bukan tajuk yang sekadar lebat, tetapi tajuk yang memiliki distribusi daun seimbang, penetrasi cahaya cukup, sirkulasi udara baik, dan nilai ILD yang mendukung fotosintesis efektif.

Naungan dan pemangkasan berperan penting dalam mengatur ritme tajuk. Naungan yang tepat dapat memperbaiki iklim mikro dan mengurangi cekaman, sedangkan pemangkasan dapat memperbaiki struktur kanopi dan merangsang flush baru. Namun, keduanya harus dikelola secara hati-hati agar tidak menyebabkan tajuk terlalu gelap, terlalu terbuka, atau menimbulkan kompetisi asimilat berlebihan antara daun muda dan buah.

Secara praktis, pengelolaan tajuk kakao perlu dilakukan berdasarkan kondisi klon, umur tanaman, musim, intensitas flush, kerapatan kanopi, dan beban buah. Kajian ini menegaskan bahwa peningkatan produktivitas kakao perlu didukung oleh pemahaman fisiologi tajuk, bukan hanya pemupukan dan pengendalian hama penyakit. Penelitian lanjutan perlu diarahkan pada pemantauan ritme flush secara periodik, pemodelan hubungan tajuk dengan hasil, serta penggunaan teknologi sensor dan citra digital untuk mendukung pengelolaan tajuk kakao yang lebih presisi.

DAFTAR PUSTAKA

Abo-Hamed, S., Collin, H. A., & Hardwick, K. (1981). Biochemical and physiological aspects of leaf development in cocoa (*Theobroma cacao*). VI. Hormonal interaction between mature leaves and the shoot apex. *New Phytologist*, 89(2), 191–200. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1981.tb07482.x>

Badan Pusat Statistik. (2025). Statistik tanaman perkebunan tahunan Indonesia 2024: Kelapa sawit, kopi, kakao, karet, teh, dan komoditas perkebunan unggulan. Badan Pusat Statistik.

Baek, I., Lim, S., Weerathne, V., Leedongho, Botkin, J., Kirubakaran, S. J., Park, S., Kim, M. S., Meinhardt, L. W., & Ahn, E. J. (2025). Spatial patterning of chloroplasts and stomata in developing cacao leaves. *Communications Biology*, 8, 554. <https://doi.org/10.1038/s42003-025-08019-6>

- Carr, M. K. V., & Lockwood, G. (2011). The water relations and irrigation requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.): A review. *Experimental Agriculture*, 47(4), 653–676. <https://doi.org/10.1017/S0014479711000421>
- Daymond, A. J., Hadley, P., Machado, R. C. R., & Ng, E. (2002). Canopy characteristics of contrasting clones of cocoa (*Theobroma cacao*). *Experimental Agriculture*, 38(3), 359–367. <https://doi.org/10.1017/S0014479702003083>
- Lahive, F., Hadley, P., & Daymond, A. J. (2019). The physiological responses of cocoa to the environment and the implications for climate change resilience: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 5. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0552-0>
- Niemenak, N., Cilas, C., Rohsius, C., Bleiholder, H., Meier, U., & Lieberei, R. (2010). Phenological growth stages of cocoa plants (*Theobroma* sp.): Codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 156(1), 13–24. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00356.x>
- Orchard, J. E., Collin, H. A., & Hardwick, K. (1980). Biochemical and physiological aspects of leaf development in cocoa (*Theobroma cacao*). IV. Changes in growth inhibitors. *Plant Science Letters*, 18(3), 299–305.
- Regazzoni, O., Sugito, Y., Suryanto, A., & Prawoto, A. A. (2014). Karakteristik fisiologi klon-klon kakao (*Theobroma cacao* L.) di bawah tiga spesies tanaman penaung. *Pelita Perkebunan*, 30(3), 198–207.
- Risal, D., Neswati, R., Jayadi, M., Ridwan, I., Baharuddin, Laban, S., *et al.* (2026). Multistrata shade structures soil–leaf–physiology coupling and enhances climate resilience in smallholder cocoa hedgerows. *Agroforestry Systems*, 100, 98. <https://doi.org/10.1007/s10457-026-01444-4>
- Sleigh, P. A., Collin, H. A., & Hardwick, K. (1984). Distribution of assimilate during the flush cycle of growth in *Theobroma cacao* L. *Plant Growth Regulation*, 2(4), 381–391. <https://doi.org/10.1007/BF00027297>
- Tosto, A., Zuidema, P. A., Goudsmit, E., Evers, J. B., & Anten, N. P. R. (2022). The effect of pruning on yield of cocoa trees is mediated by tree size and tree competition. *Scientia Horticulturae*, 304, 111275. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111275>
- Waldburger, T. C. M., Anken, T., Walter, A., Nasser, H.-R., Monney, P., & Cockburn, M. (2024). Growing cocoa in semi-arid climate and the rhythmicity of stem growth and leaf flushing determined by dendrometers. *Heliyon*, 10, e32266. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32266>
- Zakariyya, F. (2016). Menimbang indeks luas daun sebagai variabel penting pertumbuhan tanaman kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 28(3), 8–12.