

PENGUATAN EKONOMI PEDESAAN MELALUI REPLANTING KAKAO UNTUK PRODUKTIVITAS DAN PENDAPATAN BERKELANJUTAN

Abdul Rahim Saleh^{1,2)}, Toyip³⁾, Ichzar Haiqal¹⁾

¹⁾ Pascasarjana Perencanaan Wilayah dan Perdesaan, Universitas Sintuwu Maroso

²⁾ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sintuwu Maroso

¹⁾ Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Kristen Tentena

Abstract

Cocoa is a vital agricultural commodity that supports the rural economy in Poso Regency, Central Sulawesi. However, cocoa plantation productivity has declined due to aging plants, low soil fertility, pest and disease attacks, and the impacts of climate change. This community service activity aims to implement a cocoa replanting program, improve land fertility through soil conservation technology, develop replanting strategies without reducing farmers' income, and encourage active community participation in sustainable cocoa plantation management. The methods implemented include technical assistance for cocoa planting and the implementation of an agroforestry system with corn/patchouli and gamal (*Gliricidia sepium*) trees, which will act as shade trees. Corn and patchouli are short-term crops that still provide income to farmers as a substitute for cocoa beans and provide initial shade for newly planted cocoa seedlings. Gamal trees will grow quickly to become long-term shade trees and contribute organic matter to the soil. The results of this activity are expected to increase cocoa plantation productivity, improve land quality, maintain environmental sustainability, and maintain rural community incomes by implementing a sustainable agricultural system through cocoa cultivation in an agroforestry system.

Keywords: abstract, italic, maximum five words, template.

Abstrak

Tanaman kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan penting yang menopang perekonomian masyarakat pedesaan di Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah. Namun, produktivitas kebun kakao mengalami penurunan akibat umur tanaman yang sudah tua, rendahnya kesuburan tanah, serangan hama dan penyakit, serta dampak perubahan iklim. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk melaksanakan program replanting kakao, meningkatkan kesuburan lahan melalui teknologi konservasi tanah, mengembangkan strategi penanaman kembali pada kebun tanpa mengurangi pendapatan petani, serta mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan kebun kakao berkelanjutan. Metode yang diterapkan meliputi pendampingan teknis penanaman kakao dan penerapan sistem agroforestri dengan tanaman jagung/nilam dan tanaman kayu gamal (*Gliricidia sepium*) yang nantinya berperan pohon pelindung. Tanaman jagung dan nilam adalah tanaman jangka pendek yang tetap memberikan pendapatan kepada petani sebagai pengganti biji kakao sekaligus naungan awal bagi bibit kakao yang baru tanam. Pohon gamal akan tumbuh cepat menjadi pohon pelindung jangka panjang serta menyumbang bahan organik ke dalam tanah. Hasil kegiatan diharapkan mampu meningkatkan produktivitas kebun kakao, memperbaiki kualitas lahan, menjaga keberlanjutan lingkungan, serta mempertahankan pendapatan masyarakat pedesaan secara menerapkan system pertanian yang berkelanjutan melalui budidaya kakao dalam system agroforestri.

Keywords: cocoa, replanting, soil conservation, income-enhancing, rural communities.

PENDAHULUAN

Tanaman kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam menopang perekonomian masyarakat pedesaan di Kabupaten Poso, Provinsi Sulawesi Tengah. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, produktivitas kebun kakao mengalami penurunan yang signifikan. Banyak kebun kakao yang telah berumur tua dan tidak produktif, sehingga tidak lagi mampu memberikan hasil optimal bagi petani (BPS 2024). Kondisi ini menuntut adanya upaya replanting atau peremajaan tanaman agar keberlanjutan produksi dan pendapatan petani dapat terjaga.

Permasalahan utama yang dihadapi petani adalah keterbatasan investasi dalam melakukan peremajaan kebun. Proses replanting membutuhkan biaya yang cukup besar untuk penyediaan bibit unggul, pengolahan lahan, serta perawatan intensif pada fase awal pertumbuhan. Sementara itu, sebagian besar petani kakao di pedesaan memiliki keterbatasan modal, sehingga tidak mampu secara mandiri melakukan investasi yang diperlukan.

Di sisi lain, degradasi kesuburan tanah akibat praktik budidaya yang tidak ramah lingkungan serta dampak perubahan iklim semakin memperburuk kondisi kebun kakao (Tinoco-Jaramillo et al. 2024). Penurunan kualitas tanah menyebabkan tanaman kurang produktif (Singh et al. 2019), rentan terhadap hama dan penyakit (Cilas & Bastide, 2020), serta menghasilkan biji dengan kualitas rendah (Gusli et al. 2021). Perubahan pola curah hujan dan suhu ekstrem juga menjadi tantangan serius dalam menjaga stabilitas produksi kakao di tingkat petani (Santosa et al. 2018).

Tantangan rehabilitasi kebun kakao bukan hanya terletak pada aspek

teknis, tetapi juga pada aspek sosial-ekonomi. Petani sering kali ragu untuk melakukan replanting karena khawatir kehilangan pendapatan selama masa tunggu tanaman belum menghasilkan. Padahal, tanpa langkah nyata dalam rehabilitasi, produktivitas lahan akan terus menurun dan berimplikasi langsung pada kesejahteraan masyarakat pedesaan.

Oleh karena itu, diperlukan program pengabdian masyarakat yang mendorong replanting tanaman kakao secara terencana, berbasis partisipasi petani, serta memperhatikan aspek keberlanjutan produksi. Dengan dukungan teknologi budidaya yang tepat, peningkatan kapasitas petani, serta akses terhadap sarana produksi, diharapkan kebun kakao dapat kembali produktif, lahan tetap terjaga kesuburannya, dan pendapatan masyarakat pedesaan dapat meningkat.

Penanaman tanaman semusim berupa tanaman jagung yang dipadukan dengan penanaman kembali tanaman kakao. Tanaman jagung diharapkan menyediakan naungan sementara bagi bibit kakao yang baru di tanam. Sementara pohon gamal mengalami pertumbuhan cepat mempersiapkan naungan setelahnya. Pohon gamal merupakan tanaman kayu jenis legume penambat nitrogen yang mampu tumbuh cepat, banyak digunakan sebagai pohon pendung pada kakao yang baru tanam (Kohler et al., 2010). Pohon gamal biasanya ditanam lebih rapat dan akan dikurangi seiring dengan berkembangnya tanaman kakao. Tanaman kakao membutuhkan waktu sekitar 18 bulan dari pindah tanam hingga menghasilkan buah dan dipetik kembali untuk mendapatkan biji kakao..

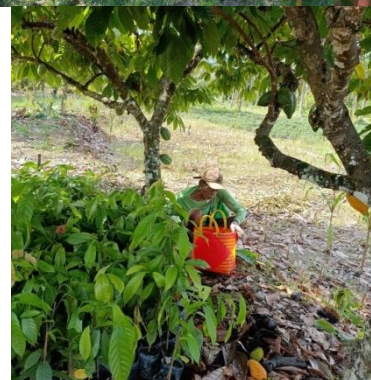
Sistem ini menyerupai agroforestri, dimana dengan kehadiran pohon pendung di kebun kakao

memberikan jasa ekosistem pengganti pohon hutang seperti penanaman awal di masa lalu. Upaya ini mampu meningkatkan keanekaragaman hayati sekaligus sebagai upaya meningkatkan produktivitas pertanian di masyarakat pedesaan (Tscharntke et al. 2011). Penggunaan pohon pelindung alternatif seperti pohon penghasil buah, pohon penambat nitrogen sebagai pengganti pohon hutan seperti dimasa awal penanaman kakao adalah bentuk pergeseran sistem agroforestri (Tondoh et al. 2015) atau pergantian tersebut terkadang memberikan nilai tambah ekonomi sehingga menduplikasi pendapatan petani dari hasil buah yang bernilai ekonomi tinggi seperti kelapa sawit, karet atau kopi, durian, manga dan pohon lain dengan nilai ekonomi dan kegunaan tertentu (Schroth et al. 2016).

Dari berbagai permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan sebagai upaya mendukung rehabilitasi dan peningkatan produktivitas kebun kakao melalui program replanting berbasis agroforestri yang berkelanjutan. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam penerapan teknik budidaya kakao yang adaptif terhadap perubahan iklim, memperbaiki kesuburan lahan melalui penggunaan tanaman penayang dan konservasi tanah, serta mengembangkan pola usaha tani terpadu yang mampu menjaga sumber pendapatan petani selama masa tanaman kakao belum menghasilkan. Melalui keterlibatan aktif masyarakat desa, diharapkan program ini dapat mendorong kemandirian petani, menjaga keberlanjutan produksi kakao, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan secara berkelanjutan.

METODE[Times New Roman 12, bold, spasi 1]

Metode pelaksanaan pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan **partisipatif dan kolaboratif**, di mana petani mitra dilibatkan secara aktif mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi kegiatan. Pendekatan ini bertujuan agar kegiatan tidak hanya berhenti pada transfer teknologi, tetapi juga membangun kemandirian dan rasa memiliki (*sense of ownership*) di kalangan petani. Pelaksanaan program pengabdian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut: **Tahap pertama; sosialisasi** program kepada petani mitra untuk menyamakan persepsi terkait tujuan, manfaat, dan tahapan kegiatan (Gambar 1a).



Gambar 1a. Sosialisasi program kepada petani mitra, dan 1b. Bahan tanam kakao bantuan dinas pertanian kabupaten Poso

Tahap kedua, pendirian kebun contoh atau demplot dengan penyiapan lahan dan lubang tanam

dengan aplikasi bahan organik dan penanaman bibit kakao unggul dalam sistem agroforestri (tumpang sari kakao + jagung/nilam) + gamal); (3) **Tahap Transfer Teknologi berupa praktik replanting, konservasi tanah lahan kakao.**; (4) **Tahap Monitoring dan Evaluasi dengan melakukan monitoring pertumbuhan tanamandalam agroforestry dan penulisan dokumentasi capaian kegiatan dalam bentuk laporan, artikel ilmiah, dan publikasi media massa.** Indikator Keberhasilan dinilai dari: terbentuknya demplot replanting kakao berbasis agroforestri seluas 1 ha; tersusunnya modul pelatihan dan video edukasi sebagai luaran yang dapat direplikasi; dan, terpublikasikannya hasil kegiatan dalam jurnal ilmiah nasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan Pemahaman melalui penyuluhan

Pelaksanaan penyuluhan penanaman kembali kakao melalui penanaman bibit kakao dipadukan dengan tanaman semusim berupa jagung dan nilam telah dilaksanakan dengan baik dan mendapat respon positif dari petani. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas lahan perkebunan kakao sekaligus memberikan sumber pendapatan jangka pendek bagi petani selama tanaman kakao belum menghasilkan.

Dalam kegiatan penyuluhan, peserta diberikan pemahaman mengenai pentingnya peremajaan tanaman kakao yang sudah tua, rusak, maupun kurang produktif. Materi yang disampaikan meliputi teknik pemilihan bibit kakao unggul, persiapan lahan, pola tanam tumpang sari, pemeliharaan tanaman, hingga pengendalian hama dan penyakit. Selain itu, petani juga

diberikan penjelasan mengenai manfaat penanaman jagung dan nilam sebagai tanaman sela yang dapat membantu memanfaatkan ruang tanam secara optimal serta meningkatkan pendapatan petani dalam waktu relatif singkat.

Bibit kakao berasal dari bantuan pemerintah Kabupaten Poso yang disalurkan melalui Dinas Pertanian Kabupaten Poso (Gambar 1b). Bibit kakao ditanam sesuai jarak tanam yang dianjurkan, sedangkan tanaman jagung dan nilam ditanam di sela-sela tanaman kakao. Jagung dipilih karena memiliki masa panen yang cepat dan dapat membantu menjaga kelembapan tanah, sementara nilam memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan berpotensi menjadi sumber tambahan pendapatan bagi petani.

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa peserta penyuluhan memahami teknik penanaman dan pemeliharaan tanaman secara terpadu. Petani juga menyatakan ketertarikannya untuk menerapkan pola tumpangsari kakao dengan jagung dan nilam pada lahan masing-masing karena dinilai lebih efisien dan menguntungkan. Dengan adanya kegiatan ini diharapkan proses peremajaan kakao dapat berjalan lebih optimal, produktivitas lahan meningkat, serta kesejahteraan petani menjadi lebih baik.

Penanaman Gamal pohon pelindung dengan pertumbuhan cepat

Dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat, salah satu upaya yang dilakukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman kakao adalah penyediaan tanaman naungan hidup. Tanaman kakao diketahui memerlukan naungan yang cukup, terutama pada fase pertumbuhan awal, guna menjaga kelembapan, mengurangi intensitas cahaya matahari

langsung, serta menciptakan kondisi lingkungan yang lebih sesuai bagi pertumbuhan tanaman.



Gambar 2a. Penanaman bibit kakao, dan, **2b.** Pohon gamal sebagai bakal pohon pelindung diselah tanaman nilam yang telah terlebih dahulu di tanam oleh petani.

Sebagai tanaman naungan hidup, dipilih pohon gamal (*Gliricidia sepium*) karena memiliki beberapa keunggulan yang sesuai dengan kebutuhan petani dan kondisi lokasi pengabdian (Gambar 2). Tanaman gamal mampu tumbuh dengan cepat sehingga dapat segera memberikan perlindungan bagi bibit kakao yang baru ditanam. Selain itu, gamal merupakan tanaman leguminosa yang memiliki kemampuan menambat nitrogen dari udara sehingga dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah secara alami dan mendukung pertumbuhan tanaman kakao.

Pemilihan gamal juga didasarkan pada aspek ketersediaan dan efisiensi biaya. Stek batang gamal banyak tersedia di sekitar lokasi kegiatan sehingga mudah diperoleh oleh petani. Harga bibit yang relatif murah bahkan memungkinkan petani menyediakan sendiri bahan tanam dari kebun masing-masing tanpa memerlukan biaya tambahan yang besar. Kondisi ini memberikan keuntungan tersendiri karena petani dapat dengan mudah memperbanyak tanaman gamal secara mandiri untuk kebutuhan perluasan areal tanam kakao.

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa petani memahami pentingnya tanaman naungan dalam budidaya kakao serta tertarik menerapkan penggunaan gamal sebagai tanaman pelindung di kebun mereka. Dengan adanya pemanfaatan gamal sebagai naungan hidup, diharapkan pertumbuhan tanaman kakao menjadi lebih optimal, kesuburan tanah tetap terjaga, dan sistem budidaya yang diterapkan menjadi lebih ramah terhadap perubahan iklim serta berkelanjutan.

Tabel 1. Jenis pohon pada demplot agroforestri

Jenis Tanaman	Jumlah Pohon	Kegunaan
Kakao	500	Biji kakao
Gamal	2000	Naunga/Penambat N/Pakan
Nilam	2500	Minyak Nilam
Kelapa	5	Buah kelapa (Tanaman eksistin)

Ket. Data diolah tahun 2026

Pada kebun percontohan yang dijadikan lokasi kegiatan pengabdian, telah dilakukan penanaman tanaman kakao sebanyak 500 bibit sebagai langkah awal peremajaan dan pengembangan kebun kakao berbasis pola tanam terpadu. Untuk mendukung pertumbuhan tanaman kakao, juga telah ditanam tanaman naungan berupa gamal (*Gliricidia sepium*) sebanyak 2.000 batang (Tabel 1). Tanaman gamal diharapkan mampu memberikan perlindungan bagi tanaman kakao sekaligus membantu meningkatkan kesuburan tanah melalui kemampuan penambatan nitrogen. Selain itu, tanaman nilam sebagai tanaman semusim bernilai ekonomi telah lebih dahulu ditanam oleh petani sebanyak 2.500 batang stek (Tabel 1). Penanaman nilam terus dilakukan secara bertahap hingga ditargetkan mencapai 10.000 stek bibit. Tingginya antusiasme petani

dalam pengembangan tanaman nilam menunjukkan adanya harapan untuk memperoleh tambahan pendapatan selama tanaman kakao belum memasuki masa produksi.



Gambar 3a). Tanaman jagung tumbuh diantara pohon gamal yang telah dipersiapkan oleh petani melakukan penanaman kembali kakao. 3b). Tanaman kakao yang tumbuh bersama dengan tanaman jagung yang berperan sebagai naungan sementara.

Pada lahan lainnya, tanaman jagung dan gamal yang telah tumbuh dengan baik juga dimanfaatkan sebagai bagian dari sistem budidaya terpadu melalui penanaman bibit kakao di antara tanaman tersebut (Gambar 3a). Pola ini diterapkan untuk menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih sesuai bagi kakao sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan lahan. Tanaman jagung memberikan manfaat ekonomi jangka pendek, disamping menyediakan naungan sementara bibit kakao yang baru di tanam (Gambar 3.b) sedangkan gamal berfungsi sebagai tanaman pelindung pohon kakao secara jangka panjang dan sekaligus sebagai penunjang kesuburan tanah yang mensuplai bahan organik. Selama pertumbuhannya, Menurut Nisa et al. (2024), pohon gamal adalah jenis tanaman legum yang mengikat unsur N dari lingkungannya dengan kandungan hara yang cukup tinggi pada daun yaitu 3,15% N; 0,22% P; 2,65% K; 1,35% Ca dan 0,41% Mg. Meskipun ditanam bersamaan dalam areal yang sama,

namun perakaran kakao dan gamal tidak saling mengganggu dalam mengeksplorasi lapisan tanah, dimana akar halus pohon gamal lebih banyak berkembang pada lapisan tanah yang lebih dalam, sedangkan akar halus kakao ditemukan menyebar pada lapisan tanah dekat permukaan (0-20 cm) (Rajab et al. 2018; Saleh et al. 2022).

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui program replanting kakao merupakan langkah strategis dalam memulihkan produktivitas kebun kakao yang mengalami penurunan akibat umur tanaman yang sudah tua, degradasi kesuburan tanah, serta dampak perubahan iklim. Penerapan sistem agroforestri yang memadukan tanaman kakao dengan tanaman semusim dan tanaman penayang legum dapat menjadi solusi untuk menjaga keberlanjutan produksi sekaligus mempertahankan pendapatan petani selama masa tanaman belum menghasilkan. Selain itu, peningkatan kapasitas dan partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan kebun secara berkelanjutan diharapkan mampu mendukung peningkatan kesejahteraan petani kakao di pedesaan. Hasil pelaksanaan kegiatan menunjukkan bahwa penerapan pola tanam terpadu antara kakao, gamal, jagung, dan nilam dapat berjalan dengan baik serta mendapat dukungan dari petani. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas lahan, menjaga keberlanjutan usaha tani, dan memberikan manfaat ekonomi yang lebih optimal bagi masyarakat sekitar. Dukungan dari pemerintah Daerah Kabupaten Poso berupa pemberian bantuan bibit mempercepat proses

rehabilitasi kebun kakao yang tidak produktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Sintuwu Maroso melalui LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) dan Program Magister Perencanaan Wilayah Perdesaan atas dukungan pendanaan melalui APBU UNSIMAR. Terima kasih juga kepada petugas penyulu pertanian dari instansi pemerintah Kecamatan Poso Pesisir Utara (Abdul Rasid) yang telah memfasilitasi pertemuan dengan petani kelapa sebagai responden dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2021). *Luas Tanaman Kakao Sulawesi Tenggara*. Badan Pusat Statistik.
- Cilas, C., & Bastide, P. (2020). Challenges to Cocoa Production in the Face of Climate Change and the Spread of Pests and Diseases. *Agronomy*, 10(9), 1–8. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091232>
- Gusli, S., Annisaprakasa, H., Riskawati, R., Sumeni, S., Neswati, R., Useng, D., Ali, H., Hamid, S., & Samsuar, S. (2021). Soil quality significance of goat pens positioned on the hilltop of sloping cocoa farms in Polman-Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042004>
- Kohler, M., Dierick, D., Schwendenmann, L., & Holscher, D. (2010). Water use characteristics of cacao and Gliricidia trees in an agroforest in Central Sulawesi, Indonesia. *Ecohydrology*, 3(November 2010), 238–245. <https://doi.org/10.1002/eco>
- Nisa, C., Idris, M., & Rahmadina. (2024). The Effect of Gamal Leaf (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp)-based Liquid Organic Fertilizer on The Vegetative Growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Sciscitatio*, 5(1), 20–27. <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2024.51.164>
- Rajab, Y. A., Hölscher, D., Leuschner, C., Barus, H., Tjoa, A., & Hertel, D. (2018). Effects of shade tree cover and diversity on root system structure and dynamics in cacao agroforests: The role of root competition and space partitioning. *Plant and Soil*, 422(1–2), 349–369. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3456-x>
- Saleh, A. R., Gusli, S., Ala, A., Neswati, R., & Sudewi, S. (2022). Tree density impact on growth, roots length density, and yield in agroforestry based cocoa. 23(1), 496–506. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230153>
- Santosa, E., Sakti, G. P., Fattah, M. Z., Zaman, S., & Wahjar, A. (2018). Cocoa Production Stability in Relation to Changing Rainfall and Temperature in East Java, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science*, 5(1), 6–17. <https://doi.org/10.29244/jtcs.5.1.6-17>
- Schroth, G., Läderach, P., Martinez-Valle, A. I., Bunn, C., & Jassogne, L. (2016). Vulnerability to climate change

- of cocoa in West Africa: Patterns, opportunities and limits to adaptation. *Science of the Total Environment*, 556, 231–241.
<https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2016.03.024>
- Singh, K., Sanderson, T., Field, D., Fidelis, C., & Yinil, D. (2019). Soil security for developing and sustaining cocoa production in Papua New Guinea. *Geoderma Regional*, 17, e00212.
<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00212>
- Tinoco-Jaramillo, L., Vargas-Tierras, Y., Habibi, N., Caicedo, C., Chanaluisa, A., Paredes-Arcos, F., Viera, W., Almeida, M., & Vásquez-Castillo, W. (2024). Agroforestry Systems of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the Ecuadorian Amazon. *Forests*, 15(1), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/f15010195>
- Tondoh, J. E., Kouamé, F. N. guessa., Martinez Guéi, A., Sey, B., Wowo Koné, A., & Gnessougou, N. (2015). Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire. *Global Ecology and Conservation*, 3, 575–595.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.02.007>
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Hölscher, D., Jührbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldkamp, E., & Wanger, T. C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619–629.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x>
- BPS. 2021. *Luas Tanaman Kakao Sulawesi Tengaah*. Badan Pusat Statistik.
- Cilas, C., & Bastide, P. 2020. Challenges to Cocoa Production in the Face of Climate Change and the Spread of Pests and Diseases. *Agronomy*, 10(9), 1–8.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10091232>
- Gusli, S., Annisaprakasa, H., Riskawati, R., Sumeni, S., Neswati, R., Useng, D., Ali, H., Hamid, S., & Samsuar, S. 2021. Soil quality significance of goat pens positioned on the hilltop of sloping cocoa farms in Polman-Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(4).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042004>
- Kohler, M., Dierick, D., Schwendenmann, L., & Holscher, D. (2010). Water use characteristics of cacao and Gliricidia trees in an agroforest in Central Sulawesi, Indonesia. *Ecohydrology*, 3(November 2010), 238–245.
<https://doi.org/10.1002/eco>
- Nisa, C., Idris, M., & Rahmadina. (2024). The Effect of Gamal Leaf (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp)-based Liquid Organic Fertilizer on The Vegetative Growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Sciscitatio*, 5(1), 20–27.
<https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2024.51.164>
- Rajab, Y. A., Hölscher, D., Leuschner, C., Barus, H., Tjoa, A., & Hertel, D. 2018. Effects of shade tree cover and diversity on root

- system structure and dynamics in cacao agroforests: The role of root competition and space partitioning. *Plant and Soil*, 422(1–2), 349–369. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3456-x>
- Saleh, A. R., Gusli, S., Ala, A., Neswati, R., & Sudewi, S. (2022). *Tree density impact on growth , roots length density , and yield in agroforestry based cocoa*. 23(1), 496–506. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230153>
- Santosa, E., Sakti, G. P., Fattah, M. Z., Zaman, S., & Wahjar, A. 2018. Cocoa Production Stability in Relation to Changing Rainfall and Temperature in East Java, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science*, 5(1), 6–17. <https://doi.org/10.29244/jtcs.5.1.6-17>
- Schroth, G., Läderach, P., Martinez-Valle, A. I., Bunn, C., & Jassogne, L. 2016. Vulnerability to climate change of cocoa in West Africa: Patterns, opportunities and limits to adaptation. *Science of the Total Environment*, 556, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2016.03.024>
- Singh, K., Sanderson, T., Field, D., Fidelis, C., & Yinil, D. 2019. Soil security for developing and sustaining cocoa production in Papua New Guinea. *Geoderma Regional*, 17, e00212. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00212>
- Tinoco-Jaramillo, L., Vargas-Tierras, Y., Habibi, N., Caicedo, C., Chanaluisa, A., Paredes-Arcos, F., Viera, W., Almeida, M., & Vásquez-Castillo, W. 2024. Agroforestry Systems of Cocoa (Theobroma cacao L.) in the Ecuadorian Amazon. *Forests*, 15(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/f15010195>
- Tondoh, J. E., Kouamé, F. N. guessa., Martinez Guéi, A., Sey, B., Wowo Koné, A., & Gnessougou, N. 2015. Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire. *Global Ecology and Conservation*, 3, 575–595. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.02.007>
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Hölscher, D., Jührbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldkamp, E., & Wanger, T. C. 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619–629. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x>