

Analisis Faktor Pemeliharaan terhadap Produktivitas Kakao (*Theobroma cacao* L.) di Kabupaten Luwu

Andi Besse Poleuleng^{1*}, Susi Indriani¹, Andi Ayu Nurnawati²

¹Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, Jl. Poros Makassar-Parepare Km 83, Mandalle, Pangkep, 90655

²Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, Jl. Poros Makassar-Parepare Km 83, Mandalle, Pangkep, 90655

* Koresponding : andibessepoleuleng@polipangkep.ac.id

ABSTRAK

Produktivitas kakao berkelanjutan sangat ditentukan oleh kualitas penerapan teknik pemeliharaan tanaman di tingkat petani. Perbedaan dalam praktik budidaya, khususnya pada aspek pemupukan, pemangkasan, sanitasi, serta pengendalian hama dan penyakit tanaman, menyebabkan variasi produktivitas kakao yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan teknik pemeliharaan terhadap produktivitas tanaman kakao di Kabupaten Luwu. Pengumpulan data dilakukan dengan metode pengambilan data primer (wawancara dengan petani) dan data sekunder. Penentuan sampling berdasarkan penduduk yang memiliki usahatani kakao dan telah berpengalaman minimal 5 tahun berusahatani kakao. Jumlah responden ditentukan dengan menggunakan Metode Slovin, sehingga total responden adalah 232 responden. Analisis yang dilakukan adalah analisis regresi linier berganda antara Dosis Pemupukan (X1), Cara Pemupukan (X2), Frekuensi Pemupukan (X3), Waktu Pemupukan (X4), Pemangkasan (X5), Sanitasi (X6) dan Pengendalian HPT (X7) terhadap produktivitas (Y). Hasil analisis menunjukkan bahwa secara simultan teknik budidaya yang meliputi dosis pemupukan, cara pemupukan, frekuensi pemupukan, waktu pemupukan, pemangkasan, sanitasi, serta pengendalian hama dan penyakit tanaman berpengaruh terhadap produktivitas kakao. Secara parsial, dosis pemupukan, frekuensi pemupukan, pemangkasan, dan pengendalian hama dan penyakit tanaman berpengaruh signifikan terhadap produktivitas kakao, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,85.

Kata Kunci : Kakao, Pemupukan Pemangkasan, Pengendalian Hama Penyakit, Produktivitas

Analysis of Maintenance Factors as Determinants of Sustainable Cocoa Productivity in Luwu Regency

ABSTRACT

Sustainable cocoa productivity is largely determined by the quality of the implementation of crop maintenance techniques at the farmer level. Differences in cultivation practices, particularly in fertilization, pruning, sanitation, as well as pest and disease control, lead to considerable variation in cocoa productivity. This study aims to analyze the relationship between maintenance techniques and cocoa productivity in Luwu Regency. Data were collected through primary data (farmer interviews) and secondary data. Sampling was determined based on farmers who cultivate cocoa and have at least 5 years of experience. The number of respondents was calculated using the Slovin method, resulting in a total of 232 respondents. The analysis used was multiple linear regression, examining the effects of Fertilizer Dosage (X1), Fertilization Method (X2), Fertilization Frequency (X3), Fertilization Timing (X4), Pruning (X5), Sanitation (X6), and Pest and Disease Control (X7) on productivity (Y). The results showed that, simultaneously, cultivation techniques including fertilizer dosage, fertilization method, fertilization frequency, fertilization timing, pruning, sanitation, and pest and disease control have an effect on cocoa productivity. Partially, fertilizer dosage, fertilization frequency, pruning, and pest and disease control have a significant effect on cocoa productivity, with a coefficient of determination (R^2) of 0.85.

Keywords : Cacao, Fertilizer, Pruning, Pest and Disease Management, Productivity

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis yang memiliki peran penting dalam perekonomian global dan nasional, terutama sebagai sumber pendapatan utama petani skala kecil di Indonesia. Meskipun merupakan penghasil kakao dunia, namun produktivitas kakao nasional masih relatif rendah dibandingkan potensinya. Sentra produksi kakao tersebar diberbagai wilayah Indonesia, salah satunya Kabupaten Luwu. Kabupaten Luwu merupakan salah satu sentra produksi kakao di Sulawesi Selatan dengan potensi sumber daya lahan yang besar. Meskipun demikian, produktivitas kakao di wilayah ini masih menunjukkan variasi yang tinggi antarpetani, yang mengindikasikan adanya perbedaan penerapan praktik pemeliharaan di tingkat lapangan. Permasalahan diberbagai wilayah relative sama, salah satu permasalahan utama yang dihadapi adalah belum optimalnya penerapan praktik pemeliharaan tanaman yang berorientasi pada keberlanjutan produksi jangka panjang atau dikenal dengan istilah *Good Agriculture Practices* (GAP).

Produktivitas kakao sangat dipengaruhi oleh kualitas pengelolaan kebun, khususnya praktik pemeliharaan seperti pemupukan, pemangkasan, sanitasi, dan pengendalian hama serta penyakit tanaman. Pemeliharaan yang tepat mampu meningkatkan efisiensi penggunaan hara, memperbaiki kondisi fisiologis tanaman, serta menjaga keseimbangan pertumbuhan vegetatif dan generatif sehingga berdampak langsung pada peningkatan hasil kakao^[15]. Sebaliknya, pemeliharaan yang tidak terstandar berpotensi menurunkan produktivitas dan mempercepat degradasi agroekosistem kakao. Pemupukan dan pemangkasan merupakan dua komponen pemeliharaan yang sangat menentukan produktivitas kakao. Pemangkasan yang tepat terbukti mampu meningkatkan penetrasi

cahaya, aerasi tajuk, serta merangsang pembungaan dan pembentukan buah, terutama jika didukung oleh pemupukan yang seimbang^[18]. Ketidaktepatan dosis, frekuensi, maupun cara aplikasi pupuk dapat menurunkan efisiensi serapan hara dan memicu stres fisiologis tanaman, sehingga produktivitas kakao tidak dapat dicapai secara optimal. Selain itu, sistem pemeliharaan kakao yang berkelanjutan tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan sanitasi kebun dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT).

Sanitasi kebun berperan penting dalam menekan sumber inokulum penyakit dan populasi hama, sementara pengendalian OPT yang efektif berkontribusi dalam mengurangi kehilangan hasil. Penelitian terbaru menegaskan bahwa kegagalan dalam mengelola faktor-faktor ini dapat menyebabkan penurunan hasil yang signifikan, bahkan mengancam keberlanjutan produksi kakao dalam jangka panjang^[3], ^[23]. Diskrepansi antara rekomendasi teknis dan praktik aktual petani menjadi tantangan utama dalam mewujudkan produktivitas kakao yang berkelanjutan. Penelitian sebelumnya masih terbatas pada faktor pemupukan dan hama penyakit saja, sedangkan integrasi faktor pemeliharaan secara simultan belum banyak dikaji. Oleh karena itu, diperlukan kajian empiris yang menganalisis secara komprehensif faktor-faktor pemeliharaan tanaman kakao yang berperan sebagai penentu utama produktivitas kakao berkelanjutan di Kabupaten Luwu.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di 5 Desa di Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan, yang merupakan wilayah yang memiliki potensi produktivitas kakao yang tinggi, sebaran Desa meliputi Untuk lokasi desa yang dijadikan sebagai tempat wawancara petani kakao dan penyebaran kuisioner maka dipilih Desa Buntu

Batu, Padang Tuju, Tampumia di Kecamatan Bupon, Desa Binturu, Rante Alang, Riwang, Komba di Kecamatan Larompong, Desa Babang, Desa Batu Lappa, Sampano di Kecamatan Larompong Selatan. Desa Muhajirin, Poringan dan Salubua di Kecamatan Suli Barat.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah peta administrasi Kabupaten Luwu, label, kuisioner, pulpen, buku catatan. Alat yang digunakan adalah *Global Positioning System* (GPS), dan Kamera.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan (*field study research*) yang bermaksud mempelajari secara intensif tentang berbagai hal seperti pengaruh tindakan teknik budidaya yang dilakukan petani terhadap produktivitas tanaman kakao. Dalam hal ini, metode yang digunakan yaitu lebih kepada pendekatan penelitian yang bersifat *mix method* antara data kuantitatif dimana data kuantitatif meliputi Teknik Budidaya (Dosis Pemupukan, Waktu Pemupukan dan Frekuensi Pemupukan) dan data kualitatif meliputi Teknik Budidaya (Cara Pemupukan, Pemangkasian, Sanitasi serta Pengendalian Hama Penyakit). Pendekatan kuantitatif adalah penelitian yang analisisnya terkait dengan data-data numerikal (angka) yang diolah dengan menggunakan metode statistika. Dengan menggunakan pendekatan ini, maka akan diperoleh signifikansi hubungan antar variabel yang diteliti.

Pelaksanaan Penelitian Pengumpulan Populasi

Populasi untuk analisis pengaruh pemeliharaan terhadap produktivitas tanaman kakao adalah penduduk Kabupaten Luwu yang terlibat dalam usahatani kakao. Sesuai jumlah kepala keluarga yang terlibat dalam usaha tani

kakao maka dapat ditentukan jumlah responden dengan menggunakan Metode Slovin^[8] berdasarkan rumus berikut :

$$n = \frac{N}{1 + Na^2}$$

dimana : n : Ukuran sampel, N : Ukuran Populasi, a : Toleransi ketidakteelitian ($\pm 20\%$)

Analisis pengaruh pemeliharaan tanaman kakao terhadap produktivitas

Pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*. Kriteria kriteria *purposive* dalam pemilihan *sampling* diantaranya adalah:

- a) Lokasi Desa memiliki Produktivitas kakao yang relatif lebih tinggi,
- b) Penduduk yang memiliki usahatani kakao dan telah berpengalaman minimal 5 tahun berusahatani kakao. Untuk lokasi desa yang dijadikan sebagai tempat wawancara petani kakao dan penyebaran kuisioner maka dipilih Desa Buntu Batu, Padang Tuju, Tampumia di Kecamatan Bupon, Desa Binturu, Rante Alang, Riwang, Komba di Kecamatan Larompong, Desa Babang, Desa Batu Lappa, Sampano di Kecamatan Larompong Selatan. Desa Muhajirin, Poringan dan Salubua di Kecamatan Suli Barat dengan jumlah keseluruhan responden adalah 232 responden yang rinciannya seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Responden

No.	Kecamatan	Desa	Titik Koordinat		Jumlah Responden		
			(UTM)		KK Petani Kakao	Sampel	
1	2	3	Earthing	Northing			(DMS)
1		Buntu Batu	196925.4	- 9638929	3°15'46,73"LS - 120°15'46,73" BT	261	19
2	Bupon	Padang Tuju	192197	- 9636815	3°16'55,05"LS - 120°13'49,5" BT	273	19
3		Tampungia	190050	- 9640843	3°14'43,82"LS - 120°12'40,37" BT	482	19
4		Binturu	201108.5	- 9607691	3°32'43,33"LS - 120°18'35,3" BT	124	17
5		Rante Alang	196037	- 9608548	3°31'42,43"LS - 120°15'51,29" BT	400	19
6	Larompong	Riwang	208010.2	- 9606192	3°33'32,78"LS - 120°22'18,64" BT	50	14
7		Komba	209545	- 9608778	3°32'8,75"LS - 120°23'8,58" BT	80	16
8		Babang	210286	- 9602699	3°35'26,6"LS - 120°23'32,01" BT	129	17
9	Larompong Selatan	Batu Lappa	209924	- 9595636	3°39'16,36"LS - 120°23'19,63" BT	378	19
10		Sampano	210674	- 9602165	3°35'44,01"LS - 120°23'44,35" BT	275	19

No.	Kecamatan	Desa	Titik Koordinat			Jumlah Responden	
			(UTM)		(DMS)	KK Petani Kakao	Sampel
			Earthing	Northing			
1	2	3	5	6	7	8	
					3°28'46,71"LS		
11		Muhajirin	199313.8	- 9614960	- 120°17'37,80" BT	120	17
					3°26'7,95"LS		
12	Suli Barat	Poringan	191966.9	- 9619818	- 120°13'40,47" BT	470	19
					3°27'28,23"LS		
13		Salubua	198109.8	- 9617368	- 120°16'59,11" BT	198	18
Total Responden						232	

Analisis Data

Analisis faktor-faktor pemeliharaan yang mempengaruhi produktivitas kakao. Analisis yang digunakan adalah analisis data regresi linier berganda^[10] dilakukan dengan software SPSS. Analisis ini digunakan untuk melihat hubungan antara teknik pemeliharaan yang berpengaruh terhadap produktivitas, formula regresi linier berganda untuk hubungan teknik pemeliharaan dengan Produktivitas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Y = a + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n$$

dimana : Y = Produktivitas (kg/tahun), X1 = Dosis Pemupukan, X2 = Cara Pemupukan, X3 = Frekuensi Pemupukan, X4 = Waktu Pemupukan, X5 = Pemangkasan, X6

= Sanitasi, X7 = Pengendalian HPT, a = Konstanta, ai = Koefisien regresi.

Nilai kontribusi masing-masing faktor terhadap Produktivitas kakao dilihat dari nilai determinan (R²). Variabel-variabel yang diamati akan diberikan bobot sebelum dianalisis. Tujuan pembobotan adalah untuk mengekspresikan seberapa besar pengaruh variabel yang diamati terhadap Produktivitas kakao. Metode pembobotan yang digunakan adalah metode ranking. Metode ranking adalah metode pemberian bobot yang sederhana, dimana dalam penyusunan bobot dibuat dalam tingkat-tingkat tertentu^[14]. Kriteria dan bobot dibuat berdasarkan pertimbangan peneliti seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penetapan Kriteria dan Bobot Teknik Pemeliharaan

No.	Metode	Kriteria Pelaksanaan	Bobot		
1	Pemupukan	N (202 g)	76-100		
		1 P (220 g)			
		K (204 g)			
		N (152 g ; 252 g)			
		2 P (180 g ; 270 g)		51-75	
		K (154 g ; 254 g)			
		Dosis (g/pohon)	3 N (102 g ; 302 g)	26-50	
			P (130 g ; 320 g)		
			K (104 g ; 304 g)		
		4	N (<102 g ; >302 g)	1-25	
			P (<130 g ; >320 g)		
			K (<104 g ; >304 g)		
			5 Tidak Melakukan Kegiatan Pemupukan		0
			1 2 Kali Setahun		76-100
		Frekuensi	2 3 Kali Setahun	51-75	
			3 1 ; 4 Kali Setahun	26-50	
			4 > 4 Kali Setahun	1-25	
			5 Tidak Melakukan Kegiatan Pemupukan	0	
			Cara	1 Bokoran (Menggali lingkaran di sekeliling batang kemudian diberi pupuk dan ditimbun)	76-100
		2 Tugal (Membuat lubang-lubang disekitar perakaran tanaman kemudian diberi pupuk dan timbun)		51-75	

No.	Metode	Kriteria Pelaksanaan	Bobot
		3 Larikan (Membuat larikan di sela tanaman kemudian diberi pupuk dan ditimbun)	26-50
		4 Tabur (Menabur pupuk di sekitar tanaman tanpa penimbunan)	1-25
		5 Tidak Melakukan Kegiatan Pemupukan	0
	Waktu	1 Awal Musim Hujan dan Akhir Musim Hujan	76-100
		2 Awal Musim Hujan, Pertengahan Musim Hujan dan Akhir Musim Hujan	51-75
		3 Awal Musim Hujan/Pertengahan Musim Hujan/Akhir Musim Hujan	26-50
		4 Musim Kemarau	1-25
		5 Tidak Melakukan Kegiatan Pemupukan	0
	Pemangkasan	1 Produktivitas Sebelum Panen dan Setelah Panen	76-100
		2 Produktivitas (Sebelum Panen, Saat Panen dan Setelah Panen)	51-75
		3 Produktivitas (Sebelum Panen/Saat Panen /Setelah Panen)	26-50
		4 Produktivitas (Sebelum Panen/Saat Panen /Setelah Panen)	1-25
		5 Tidak Melakukan Pemangkasan	0

No.	Metode	Kriteria Pelaksanaan	Bobot
3	Sanitasi	1 Mengumpulkan sampah daun, kulit buah kakao serta gulma dan menyimpannya pada lubang	76-100
		2 Mengumpulkan sampah daun, kulit buah kakao serta gulma dan menumpuknya pada satu tempat	51-75
		3 Mengumpulkan sampah daun, kulit buah kakao serta gulma kemudian membakarnya	26-50
		4 Kulit buah dan daun disebar	1-25
		5 Tidak Melakukan Sanitasi	0
4	Pengendalian HPT	1 Pengendalian secara mekanik dan biologis terhadap hama HPT	76-100
		2 Pengendalian secara mekanik terhadap HPT	51-75
		3 Kombinasi pengendalian secara kimiawi dan mekanik terhadap hama HPT	26-50
		4 Pengendalian secara kimiawi terhadap hama HPT	1-25
		5 Tidak Melakukan Pengendalian HPT	0

Sumber : [17]

Model regresi linier berganda (*multiple regression*) disebut sebagai model yang baik jika model tersebut memenuhi Kriteria BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*). BLUE dapat dicapai bila memenuhi Asumsi Klasik. Untuk memenuhi asumsi klasik tersebut

terdapat lima uji asumsi yang akan dilakukan terhadap model regresi. Kelima uji asumsi tersebut akan dianalisis melalui software SPSS, yaitu: 1) Uji Normalitas, 2) Uji Autokorelasi 3) Multikolinieritas, 4) Heteroskedastisitas dan 5) Linearitas^{[9],[11],[7]}.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Persamaan Regresi Berganda

Hasil uji analisis regresi linier berganda Pengaruh teknik budidaya (Dosis

Pemupukan, Cara Pemupukan, Frekuensi Pemupukan, Waktu Pemupukan, Pemangkasan, Sanitasi dan Pengendalian HPT) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Pengaruh teknik budidaya (Dosis Pemupukan, Cara Pemupukan, Frekuensi Pemupukan, Waktu Pemupukan, Pemangkasan, Sanitasi dan Pengendalian HPT) terhadap Produktivitas Kakao

Model Regresi	Koefisien Arah Regresi	Nilai VIF	Probabilitas
Konstan	77.367		.004
Dosis Pemupukan	5.169	4.495	.000
Cara Pemupukan	.631	4.332	.334
Frekuensi Pemupukan	2.682	5.580	.000
Waktu Pemupukan	.067	5.075	.918
Pemangkasan	2.497	3.124	.000
Sanitasi	-.118	4.170	.857
Pengendalian HPT	-1.780	2.890	.001

Ketrangan : Hasil olah data, 2025.

Tabel 3 menginterpretasikan persamaan regresi linier berganda antara Dosis Pemupukan (X1), Cara Pemupukan (X2), Frekuensi Pemupukan (X3), Waktu Pemupukan (X4), Pemangkasan (X5), Sanitasi (X6) dan Pengendalian HPT (X7) terhadap produktivitas (Y) menjadi rumus sebagai berikut:

$$Y = 77.367 + 5.169X_1 + 0.631 X_2 + 2.682X_3 + 0.067X_4 + 2.497X_5 - 0.118X_6 - 1.780X_7$$

Persamaan regresi linier berganda tersebut di atas berarti :

- 1) Nilai 77.367 merupakan nilai produktivitas jika ketujuh variabel bebas dianggap konstan.
- 2) Nilai 5.169 menunjukkan nilai produktivitas meningkat sebesar 5.169 jika terjadi kenaikan 1 tingkat pada dosis pemupukan.
- 3) Nilai 0.613 menunjukkan nilai produktivitas akan bertambah sebesar 0.613 jika terjadi kenaikan 1 tingkat pada cara pemupukan.

- 4) Nilai 2.682 menunjukkan nilai produktivitas bertambah sebesar 2.682 jika terjadi kenaikan 1 tingkat pada frekuensi pemupukan.
- 5) Nilai 0.067 menunjukkan nilai produktivitas akan bertambah sebesar 0.067 jika terjadi kenaikan 1 tingkat pada waktu pemupukan.
- 6) Nilai 2.497 menunjukkan nilai produktivitas akan bertambah sebesar 2.497 jika terjadi kenaikan 1 tingkat pada pemangkasan.
- 7) Nilai -0,118 menunjukkan nilai produktivitas akan menurun sebesar 0.118 jika terjadi penurunan 1 tingkat pada sanitasi.
- 8) Nilai -1,780 menunjukkan nilai produktivitas akan menurun sebesar 1.780 jika terjadi penurunan 1 tingkat pada pengendalian Hama dan Penyakit.

Koefisien determinasi pada hasil perhitungan analisis regresi linier berganda diperoleh nilai R sebesar 0,854. Artinya,

85,40% produktivitas tanaman kakao dapat dijelaskan oleh Dosis Pemupukan, Cara Pemupukan, Frekuensi Pemupukan, Waktu Pemupukan, Pemangkasan, Sanitasi dan Pengendalian HPT, sedangkan untuk sisanya sebesar 14,60% dijelaskan oleh variabel lain diluar variabel yang digunakan.

Uji simultan dengan uji-f bertujuan untuk mengetahui pengaruh bersama-sama variabel bebas terhadap variabel terikat. Hasil uji analisis regresi linier berganda menunjukkan nilai F hitung sebesar 85.591 dengan p-value $0,000 <$ taraf nyata $0,05$ yang menunjukkan signifikan, artinya model layak dan H_0 yang menyatakan faktor-faktor teknik budidaya tidak memiliki pengaruh terhadap produktivitas kakao ditolak, karena hasil perhitungan uji regresi linier berganda menunjukkan faktor-faktor teknik budidaya memiliki pengaruh terhadap produktivitas maka H_1 diterima.

Uji parsial dengan T-test dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh masing-masing dosis Pemupukan, Cara Pemupukan, Frekuensi Pemupukan, Waktu Pemupukan, Pemangkasan, Sanitasi dan Pengendalian HPT secara parsial terhadap produktivitas kakao. Hasil uji t-test pada analisis regresi linier berganda menunjukkan p-value pada masing-masing faktor-faktor teknik budidaya, jika p-value $<$ dari nilai taraf nyata $0,05$ berarti pengaruh variabel bebas berpengaruh secara signifikan. Uji-t yang dilakukan menghasilkan jawaban sebagai berikut:

- 1) Variabel dosis pupuk memiliki nilai probabilitas sebesar $0,000 <$ dari $0,05$ artinya signifikan, atau H_0 yang menyatakan tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara dosis pupuk terhadap produktivitas kakao ditolak. Kesimpulannya dosis pupuk diterima secara parsial memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kakao.
- 2) Variabel cara pupuk memiliki nilai probabilitas sebesar $0,334 >$ dari $0,05$ artinya tidak signifikan, atau H_0 yang menyatakan tidak terdapat pengaruh yang

signifikan antara cara pupuk terhadap produktivitas kakao diterima. Kesimpulannya cara pupuk diterima secara parsial tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kakao.

- 3) Variabel frekuensi pemupukan memiliki nilai probabilitas sebesar $0,000 <$ dari $0,05$ artinya signifikan, atau H_0 yang menyatakan tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara frekuensi pemupukan terhadap produktivitas kakao ditolak. Kesimpulannya frekuensi pemupukan diterima secara parsial memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kakao.
- 4) Variabel waktu pemupukan memiliki nilai probabilitas sebesar $0,918 >$ dari $0,05$ artinya tidak signifikan, atau H_0 yang menyatakan tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara waktu pemupukan terhadap produktivitas kakao diterima. Kesimpulannya waktu pemupukan diterima secara parsial tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kakao.
- 5) Variabel pemangkasan memiliki nilai probabilitas sebesar $0,000 <$ dari $0,05$ artinya signifikan, atau H_0 yang menyatakan tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara pemangkasan terhadap produktivitas kakao ditolak. Kesimpulannya pemangkasan diterima secara parsial memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kakao.
- 6) Variabel sanitasi memiliki nilai probabilitas sebesar $0,857 >$ dari $0,05$ artinya tidak signifikan, atau H_0 yang menyatakan tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara sanitasi terhadap produktivitas kakao diterima. Kesimpulannya sanitasi diterima secara parsial tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kakao.
- 7) Variabel Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman memiliki nilai probabilitas sebesar $0,001 <$ dari $0,05$ artinya signifikan, atau H_0 yang menyatakan tidak

terdapat pengaruh yang signifikan antara Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman terhadap produktivitas kakao ditolak. Kesimpulannya Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman diterima secara parsial memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kakao.

Model persamaan regresi berganda yang diperoleh berdistribusi normal berdasarkan rasio skewness dan rasio kurtosis. Rasio skewness yang diperoleh dari nilai skewnes dibagi dengan standard error skewness; sedang rasio kurtosis diperoleh dari nilai kurtosis dibagi dengan standard error kurtosis. Rasio kurtosis dan skewness adalah -0,787 dan -1,24 berada di antara -2 hingga +2, maka distribusi data adalah normal.

Tidak ditemukan adanya multikolinearitas pada persamaan regresi linier berganda diatas dengan mengacu pada nilai VIF lebih kecil dari nilai tolerance value sebesar 10. Nilai VIF pada dosis pemupukan sebesar $4,495 < 10$, nilai VIF pada cara pemupukan sebesar $4.332 < 10$, nilai VIF pada frekuensi pemupukan sebesar $5.580 < 10$, nilai VIF pada waktu pemupukan sebesar $5,057 < 10$, nilai VIF pada pemangkasn sebesar $3,124 < 10$, nilai VIF pada sanitasi sebesar $4,170 < 10$ dan nilai VIF pada pengendalian HPT sebesar $2.890 < 10$.

Tidak adanya autokorelasi pada persamaan regresi linier berganda ini dapat dilihat pada tabel Model Summary

menunjukkan bahwa angka Durbin-Watson sebesar 1,543 yaitu mendekati angka 2 dengan nilai D1 1.644358 dan nilai Du 1.74961, artinya angka Durbin-Watson berada di wilayah mendekati area No Autocorelation yang menunjukkan tidak diketemukan autokorelasi.

Melihat hasil analisis regresi berganda maka disimpulkan secara simultan faktor-faktor teknik budidaya yaitu dosis Pemupukan, Cara Pemupukan, Frekuensi Pemupukan, Waktu Pemupukan, Pemangkasn, Sanitasi dan Pengendalian HPT dapat mempengaruhi produktivitas kakao, hanya saja secara parsial faktor-faktor dosis Pemupukan, Cara Pemupukan, Frekuensi Pemupukan dan Pengendalian HPT yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap produktivitas kakao.

b. Korelasi Parsial Antara Peubah Bebas (Independent) dan Peubah Tak Bebas (Dependent)

Analisis korelasi parsial (*Partial Correlation*) digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel dimana variabel lainnya yang dianggap berpengaruh dikendalikan atau dibuat tetap (sebagai variabel kontrol). Korelasi parsial antara faktor-faktor teknik budidaya dengan produktivitas tanaman kakao disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Korelasi parsial antara peubah bebas dan peubah tak bebas

		Correlations							
		Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Y	Pearson Correlati on	1	.800**	.742**	.772**	.741**	.746**	.729**	.624**

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Keterangan : Y= Produktivitas, X₁ = Dosis Pemupukan, X₂= Cara Pemupukan, X₃= Frekuensi Pemupukan, X₄= Waktu Pemupukan, X₅= Pemangkasn, X₆ = Sanitasi, X₇ = Pengendalian HPT, a= Konstanta, a_i = Koefisien regresi

Tabel 4. menunjukkan bahwa faktor-faktor teknik budidaya (dosis Pemupukan, Cara Pemupukan, Frekuensi Pemupukan, Waktu Pemupukan, Pemangkasian, Sanitasi dan Pengendalian HPT) berkorelasi sangat nyata dengan produktivitas tanaman kakao.

Hasil analisis melalui program SPSS menunjukkan bahwa persamaan yang diperoleh mempunyai koefisien determinasi (R^2) = 0,730. Nilai R^2 masih akurat dalam menjelaskan ketarandalan model persamaan yang telah dihasilkan artinya persamaan yang diperoleh dapat diandalkan 73,00%. Sedangkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,854 menunjukkan besarnya keeratan hubungan antara variabel yang diamati, dalam hal ini hubungan antara produktivitas tanaman kakao dengan teknik budidaya (dosis pemupukan, cara pemupukan, frekuensi pemupukan, waktu pemupukan, pemangkasian, sanitasi dan Pengendalian OPT) dengan tingkat keeratan hubungan sekitar 85,40%.

1. Dosis Pupuk

Hasil analisis Uji parsial dengan T-test dilakukan menunjukkan bahwa dosis pupuk secara parsial berpengaruh signifikan terhadap produktivitas kakao ($0,000 < 0,05$). Selanjutnya hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa produktivitas kakao (Y) berkorelasi sangat nyata dengan dosis pupuk. Hal ini berarti tingkat dosis yang digunakan mempengaruhi produktivitas yang dihasilkan. Hasil wawancara dan observasi menunjukkan bahwa secara umum pemupukan yang dilakukan oleh petani bervariasi dan masih belum sesuai dengan dosis anjuran, banyak petani yang menggunakan dosis yang rendah dari dosis yang dianjurkan bahkan ada jenis pupuk yang diberikan melebihi dosis. Hal ini dilakukan petani karena beberapa alasan yaitu sebagai berikut :

- 1) Mengurangi biaya usahatani, pengurangan terhadap dosis pupuk merupakan salah satu upaya petani dalam

menghemat pengeluaran untuk biaya usahatani

- 2) Kurangnya keahlian petani dalam menentukan takaran pupuk, misalnya kebiasaan mereka menggunakan ukuran takaran sabun colek atau ember dengan ukuran yang berbeda
- 3) Kurangnya kepedulian dan rasa ingin tahu petani sehingga petani lebih memilih menggunakan cara sendiri atau mengikuti sistem turun temurun dalam melakukan pemupukan. Sebagian besar petani yang belum memperhatikan sepenuhnya perlunya pemupukan dengan dosis yang sesuai pada tanaman kakao masih menganggap bahwa apabila tanaman sudah dipupuk berarti dianggap sudah memberikan pengaruh yang nyata pada tanaman tanpa memperhitungkan dosis anjuran.

Dalam upaya mencapai produktivitas yang tinggi sesuai potensi genetiknya, maka pemupukan merupakan faktor penentu utama khususnya pada keseimbangan dosis dan jenis pupuk yang digunakan dan bukan tingkat dosis yang tinggi ^[16]. Apabila unsur hara tidak seimbang dan berlebih dapat menyebabkan stres bagi tanaman yang berakibat terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman ^[27]. Jumlah hara yang diberikan pada tanaman sebaiknya tidak berlebihan atau kekurangan. Apabila unsur hara yang diberikan terlalu sedikit maka pengaruh pemupukan pada tanaman mungkin tidak akan nampak dan sebaliknya bila pemberian unsur hara terlalu banyak, maka larutan tanah akan terlalu pekat sehingga dapat mengakibatkan keracunan pada tanaman ^[25]. Penggunaan pupuk yang tidak berimbang akan menyebabkan penurunan produktivitas tanaman dan mutu hasil ^[16].

2. Cara Pupuk

Hasil analisis Uji parsial dengan T-test dilakukan menunjukkan bahwa cara pupuk secara parsial tidak berpengaruh signifikan

terhadap produktivitas kakao ($0,631 > 0,05$). Selanjutnya hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa produktivitas kakao (Y) berkorelasi sangat nyata dengan cara pupuk. Hal ini berarti tingkat cara yang digunakan mempengaruhi produktivitas yang dihasilkan sehingga kondisi ini menunjukkan bahwa cara pemberian pupuk oleh petani secara bervariasi memberikan pengaruh terhadap produktivitas tanaman kakao yang dicapai. Secara umum (>50%) cara pemupukan yang dilakukan oleh petani terhadap tanaman kakao adalah dengan cara menabur pupuk di sekitar perakaran tanaman. Cara pemupukan yang ideal yang diakui oleh petani sendiri adalah dengan membuat larikan sekitar perakaran tanaman kemudian pupuk ditabur pada larikan lalu ditutup dengan tanah, namun cara tersebut memerlukan waktu yang cukup lama, sehingga pada waktu pemupukan yang bertepatan dengan kesibukan atau kegiatan lain, maka petani lebih memilih cara menabur.

Kelemahan dari cara menabur adalah memungkinkan pertumbuhan rumput pengganggu lebih cepat, kurang mengenai sasaran, dan sering terkikis air meskipun sudah diinjak-injak setelah ditabur. Cara ini dapat diterapkan untuk pupuk yang berbentuk butiran atau serbuk. Penaburannya dilakukan pada keseluruhan lahan yang akan dipupuk. Cara pemupukan harus disesuaikan dengan jenis pupuk, sebab pupuk anorganik banyak mengandung bahan kimia, kesalahan cara pemupukan akan berakibat kurang baik bagi tanah dan tanaman. Unsur hara baru dapat diserap oleh tanaman apabila unsur hara tersebut berada dekat permukaan akar^[24]. Cara pemupukan sangat menentukan tingkat keberhasilan dari suatu tujuan pemupukan, bila penempatan pupuk tepat pada perakaran yang aktif maka pemupukan tersebut akan memberikan manfaat bagi tanaman^[21].

3. Frekuensi Pemupukan

Hasil analisis Uji parsial dengan T-test dilakukan menunjukkan bahwa frekuensi pemupukan secara parsial berpengaruh

signifikan terhadap produktivitas kakao ($0,000 < 0,05$). Selanjutnya hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa produktivitas kakao (Y) berkorelasi sangat nyata dengan frekuensi pemupukan. Hal ini berarti tingkat frekuensi yang digunakan mempengaruhi produktivitas yang dihasilkan sehingga hal ini menunjukkan bahwa frekuensi pemberian pupuk oleh petani secara bervariasi memberikan pengaruh terhadap produktivitas tanaman kakao yang dicapai. Sebagian besar petani memberikan pupuk dengan frekuensi 2 kali dalam setahun pada tanaman kakao. Frekuensi pemupukan sangat berkaitan dengan waktu pemupukan, berdasarkan waktu-waktu tertentu pemberian pupuk menentukan frekuensi pemberian pupuk. Frekuensi pemupukan dalam hal ini adalah jumlah waktu pemberian pupuk dalam periode satu tahun. Hal ini berarti dosis yang digunakan pada variable X1 diberikan oleh petani 1 – 3 tahap dalam setahun atau frekuensi pemberian 1 – 3 kali setahun. Frekuensi pemupukan ini sangat bergantung pada waktu-waktu yang dipilih oleh petani dalam memupuk. Namun demikian, frekuensi pemupukan akan menentukan pula efektifitas pengaruh pemberian pupuk terhadap produktivitas tanaman, karena pemberian sekali dalam jumlah yang besar akan mengakibatkan pemborosan ataupun berlebihan. Pada tanaman tahunan atau pada tanaman setahun yang berumur panjang, ketersediaan hara lebih efisien jika diatur dengan pemberian berulang (bertahap = frekuensi lebih dari sekali) selama masa tanam^{[26],[5]}. Hal ini terutama harus dilakukan untuk pemupukan nitrogen, karena jumlah berlebihan dapat terbuang akibat pencucian dan saat pemberian-pemberian sangat kritikal dalam hal tanggapan tanaman^{[2],[12],[1]}. Selanjutnya pemberian pupuk secara keseluruhan pada awal tanam akan meningkatkan kemasaman tanah, disamping itu akan terjadi kehilangan yang sangat besar karena tercuci bila tidak segera dimanfaatkan oleh tanaman^[4].

4. Waktu Pemupukan

Hasil analisis Uji parsial dengan T-test dilakukan menunjukkan bahwa waktu pemupukan secara parsial berpengaruh tidak signifikan terhadap produktivitas kakao ($0,918 > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa waktu pemberian pupuk yang dilakukan oleh petani secara bervariasi memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap produktivitas tanaman kakao yang dicapai. Waktu pemupukan yang dilakukan oleh petani umumnya homogen yakni pada awal atau akhir musim hujan, walaupun sebagian kecil dari petani memilih melakukan pemupukan sesuai fase hidup tanaman seperti fase pembungaan dan fase pertunasan. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa produktivitas kakao (Y) berkorelasi sangat nyata dengan waktu pemupukan (X4). Pemupukan tepat waktu maksudnya yaitu pada saat pemberian pupuk yang baik hendaknya disesuaikan kapan tanaman tersebut membutuhkan asupan lebih unsur hara atau pada waktu yang tepat. Hal tersebut dimaksudkan agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi dengan optimal. Waktu aplikasi menentukan pertumbuhan tanaman. Berbedanya waktu aplikasi akan memberikan hasil yang tidak sesuai dengan pertumbuhan tanaman^[26]. Waktu pemupukan akan sangat menentukan besarnya presentase hara pupuk yang dapat diserap tanaman dan juga tingkat kehilangan hara pupuk. Pada dasarnya, pemupukan ideal dilakukan pada saat kondisi tanah lembab atau kadar air pada saat kapasitas lapang, yaitu saat awal dan akhir musim hujan. Tanaman yang memperoleh unsur hara dalam jumlah yang optimum serta waktu yang tepat, maka akan tumbuh dan berkembang secara maksimal^[2].

5. Pemangkasan

Hasil analisis Uji parsial dengan T-test dilakukan menunjukkan bahwa pemangkasan secara parsial berpengaruh signifikan terhadap produktivitas kakao ($0,000 < 0,05$).

Selanjutnya hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa produktivitas kakao (Y) berkorelasi sangat nyata dengan pemangkasan (X5). Hal ini menunjukkan bahwa pemangkasan yang dilakukan oleh petani memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas tanaman kakao yang dicapai dan menunjukkan ada hubungan atau korelasi yang kuat ($0,746$). Meskipun pada kenyataannya di lapangan sesuai hasil observasi, sebagian besar petani masih melakukan praktek pemangkasan selama ini hanya didasarkan pada perasaan dan pengalaman, yang sifatnya sangat kualitatif. Kriteria yang demikian sifatnya subyektif, sehingga hasil pemangkasan setiap orang beragam dan resikonya terhadap penumbuhan dan perkembangan setiap tanaman juga bervariasi, yang tidak dapat dilihat pada hasil analisis. Tanaman kakao mengalami flush, secara periodik sehingga pada umur tertentu tanaman menjadi rimbun^[13]. Akibatnya distribusi dan penetrasi cahaya ke dalam tajuk semakin rendah, pertumbuhan vegetatif dan generatif tidak seimbang, akhirnya produktivitas menurun^[23]. Upaya untuk meningkatkan distribusi dan penetrasi cahaya serta memperoleh keseimbangan pertumbuhan vegetatif dan generatif dapat dilakukan dengan cara pemangkasan, selain itu pembuangan kakao dipacu oleh meningkatnya suhu ($26 - 30^{\circ}\text{C}$) di sekitar bantalan bunga. Dengan pemangkasan, cahaya matahari dapat diteruskan keseluruh bagian tanaman dan juga menjamin aerasi, di samping memudahkan panen dan pengendalian hama dan penyakit^[19].

6. Sanitasi

Hasil analisis Uji parsial dengan T-test dilakukan menunjukkan bahwa sanitasi secara parsial berpengaruh tidak signifikan terhadap produktivitas kakao ($0,857 > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa tinggi rendahnya produktivitas yang dicapai tidak dipengaruhi secara signifikan oleh kegiatan sanitasi yang dilakukan. Hal ini berarti kegiatan sanitasi

yang dilakukan oleh petani belum memberikan pengaruh terhadap produktivitas sehingga perlu mendapat perhatian terbukti dengan adanya keragaman kegiatan sanitasi sangat kecil yakni hanya sebatas mengumpulkan dedaunan dan kulit buah kakao sisa hasil panen disatu tempat, petani lainnya melakukan aktivitas pembakaran terhadap sampah-sampah kebun tersebut. Namun diharapkan bahwa petani melakukan kegiatan sanitasi dengan membersihkan lahan dari sisa-sisa tanaman baik berupa daun-daun yang berjatuhan, sisa-sisa hasil pangkasan atau bagian tanaman lain yang tertinggal setelah panen karena bagian tanaman tersebut seringkali merupakan tempat berlindung oleh hama dan penyakit. Dan ini belum sepenuhnya dipahami oleh petani bahwa sanitasi merupakan salah satu cara pengendalian yang efektif untuk menurunkan populasi hama. Umumnya petani yang melakukan perawatan pada tanaman kakaonya tidak bisa optimal dalam melakukan kegiatan ini disebabkan perhatian petani terbagi karena bukan hanya kakao yang diusahakan tetapi juga beberapa komoditas perkebunan lainnya seperti lada, cengkeh dan lain-lainnya yang juga membutuhkan perawatan yang memadai. Kegiatan sanitasi dalam kaitannya sebagai upaya pengendalian hama dan penyakit terutama hama PBK akan dibahas lebih jauh pada bagian selanjutnya yakni hubungan antara intensitas hama PBK dengan teknik budidaya^[20].

7. Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman

Hasil analisis Uji parsial dengan T-test dilakukan menunjukkan bahwa pengendalian hama dan penyakit secara parsial berpengaruh signifikan terhadap produktivitas kakao ($0,001 < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa tinggi rendahnya produktivitas tanaman kakao yang dihasilkan dipengaruhi secara signifikan oleh pengendalian hama dan penyakit yang dilakukan. Petani dengan kegiatan pengendalian organisme pengganggu tanaman

yang lebih baik umumnya menghasilkan produktivitas tanaman kakao yang lebih baik. Organisme pengganggu tanaman (hama, penyakit dan gulma) penting untuk dikendalikan sebab mampu menyebabkan kehilangan produksi^[20]. Masalah hama dan penyakit tanaman, tidak saja terdapat di lapangan tetapi juga terjadi sebelum benih atau biji ditanam di lapangan sampai pascapanen. Organisme pengganggu tanaman yang umumnya menyerang tanaman kakao milik petani adalah hama PBK dengan persentase kerusakan mencapai 80% dari produksi yang dihasilkan. Hama ini merupakan hama yang berbahaya, karena dapat menurunkan produksi sampai 82.2 %^[6]. Kerugian akibat serangan PBK merupakan resultan dari penurunan berat biji, peningkatan persentase biji kualitas rendah, kehilangan hasil akibat dari kematian jaringan plasenta biji sehingga biji menjadi lengket. Cukup beralasan jika masalah PBK ini merupakan ancaman bagi kelangsungan produksi kakao. Penurunan produksi kakao akibat dari serangan berat hama PBK akan meresahkan petani karena hasil yang dipanen sedikit sehingga merugikan petani, ditambah lagi dengan meningkatnya biaya panen diakibatkan sulitnya memisahkan biji yang terserang dari kulit buahnya, sehingga upaya pengendaliannya memegang peranan penting dalam mengamankan produksi kakao. Berbagai jenis pengendalian telah dilakukan oleh petani mulai dari pengendalian mekanis, biologis dan kultur teknis dan kimiawi. Namun demikian, pengendalian secara kimiawi masih menjadi trend di kalangan petani. Pengendalian secara kimiawi dianggap lebih efisien oleh petani di Kabupaten Luwu dalam mengendalikan hama PBK. Namun pengendalian dengan cara kimiawi memiliki dampak negatif seperti pencemaran lingkungan, ketidakstabilan agroekosistem dan resistensi hama pada beberapa jenis insektisida.

KESIMPULAN

Hubungan Teknik pemeliharaan (dosis pemupukan, cara pemupukan, frekuensi pemupukan, waktu pemupukan, pemangkasan, sanitasi dan Pengendalian OPT) berpengaruh nyata terhadap produktivitas tanaman kakao diantaranya: dosis pemupukan, frekuensi pemupukan, pemangkasan dan pengendalian hama penyakit tanaman. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan perluasan wilayah studi yang menjadi sentra produksi kakao di Sulawesi Selatan khususnya Luwu Raya. Variabel kondisi lingkungan dan iklim perlu ditambahkan, peningkatan produktivitas perlu dilakukan dengan penanganan teknik pemeliharaan diantaranya: Perlakuan pemupukan 5T, melakukan pemangkas dan sanitasi secara teratur serta pengendalian OPT yang tepat sasaran..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.E. Abdelraouf, and R, Ragab, "Effect of fertigation frequency and duration on wheat yield and nitrogen use efficiency". *Agricultural Water Management*, 160, 80–88, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.013>
- [2] B. Ballagh, A. Ballagh, J. Bushong, and D.B. Arnall, "The Effect of Nitrogen Fertilizer Placement and Timing on Winter Wheat Grain Yield and Protein Concentration". *Agronomy*. Vol.15, No.8, 1890, 2015.
- [3] C. Bunn, P. Läderach, J.A. Pérez-Jiménez, and G. Schroth, "Climate-smart management practices for sustainable cocoa production". *Agricultural Systems*, 197, 103347. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103347>
- [4] C.E.A. Cabral, A.M. Motta, A.R.M. Santos, "Effects of timing of nitrogen fertilizer application on responses by tropical grasses". *Tropical Grasslands–Forrajes Tropicales*, vol. 9, no.2, pp:182–191, 2021, . doi:10.17138/tgft(9)182-191
- [5] S.Deng, Y. Shi, Y. Jin, and L. Wang, "Effects of fertilization ratios and frequencies on plant biomass and nutrient uptake efficiency". *Forests*, Vol.10, No.1, 65, 2019. <https://doi.org/10.3390/f10010065>
- [6] V.S. Dewi, S, Sjam, M. Melina, M. Muhtar, R.A. Wahyuni, E. Sulastri, and S. Sulaeha, "The presence of beneficial insects and damage intensity of cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella* Snellen) in plantations with and without insectary plants". *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, Vol.25, No.2, pp: 179–189, 2025.
- [7] A.Field, "Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th ed.)". London: SAGE Publications, 218.
- [8] L.R. Gay, and P.L. Diehl, "Research Methods for Business and Management". Macmillan, 1991
- [9] I. Ghozali, "Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS 26. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2021.
- [10] W.A. Gomes, dan A.G. Arturo, "Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian". Universitas Indonesia, 1995.
- [11] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, "Multivariate data analysis (8th ed.)". Cengage Learning, 2019.
- [12] A.Hamid, M. M. Rahman, M. S. Islam, and M. J. Uddin, "Impact of foliar fertilization frequency on growth and development of banana plantlets under greenhouse conditions". *Scientia Horticulturae*, 317, 112045. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112045>
- [13] C. Keller, J. Rüegg, C. Campos, E. Ontiveros Loza, C. Durot, J. Milz, M. Schneider, and S. Saj, S. "Effects of pruning on flowering and yields of Cacao Nacional Boliviano". *Agroforestry*

- Systems*, vol. 99, no.5, Article 105, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01204-w>
- [14] J. Malczewski, “*GIS and Multicriteria Decision Analysis*”. New York: Wiley, 1999.
- [15] C. J. Mendoza-Meneses, A.A. Feregrino-Pérez, R.G. Guevara-González, and J.F. García-Trejo, “Implementation of pre-harvest techniques in emerging agroforestry systems to increase the yield of cocoa tree (*Theobroma cacao L.*)”. *Heliyon*, 9(3), e14542., 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14542>
- [16] L.O. Mintah, N. O. Osei-Bonsu, J. Ulzen, and G. Ofosu-Budu, “Response of cocoa (*Theobroma cacao L.*) seedlings to multi-nutrient fertilizer application in soilless growing media”. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 8, e70183. 2025. <https://doi.org/10.1002/agg2.70183>
- [17] Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. “*Pedoman teknis budi daya tanaman kakao (Theobroma cacao L.)*”. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2015.
- [18] J. Pérez-Flores, J. J. Obrador-Olán, E. García-López, O. Rúa-Rosado, V. Córdova-Ávalos, and F. Izquierdo-Reyes, “Pruning and fertilization of *Theobroma cacao L.* and of shade trees affect the flowering and fruiting of cacao”. *American Journal of Plant Sciences*, vol.16, no.5, pp: 591–607, 2025. <https://doi.org/10.4236/ajps.2025.165043>
- [19] S. Saj, E. Somarriba, U. Schneidewind, J. Milz, M. Cotter, and M. Schneider, “Shade tree pruning effects on flowering and cacao yields in different cropping systems in a long-term trial in Bolivia”. *Experimental Agriculture*, 61(e22), 1–15, 2025.
- [20] N.M. Sari, A. Munif, Widodo, and A. Purwantara, “Management of cocoa plant pests & diseases in East Luwu Regency”. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, vol.30, no.1, pp: 177–186., 2024. <https://doi.org/10.18343/jipi.30.1.177>
- [21] Sitohang, Nurdin, Harahap, Erwin, Hanum, Chairani, Siregar, Tumpal, Siregar, Hasril. 2023. “Cocoa (*Theobroma cacao L.*) Fertilization Pattern with Four Balanced Principles in Deli Serdang Regency, Indonesia”. *Asian Journal Of Plan Sciences*, vol.22, no.2. ISSN 1682-3974
- [22] L. Tinoco-Jaramillo, Y. Vargas-Tierras, N. Habibi, C. Caicedo, A. Chanaluisa, F. Paredes-Arcos, W. Vásquez-Castillo, W. “Agroforestry systems of cocoa (*Theobroma cacao L.*) in the Ecuadorian Amazon”. *Forests*, vol.15, no.1, 195, 2024. <https://doi.org/10.3390/f15010195>
- [23] A. Tosto, P.A. Zuidema, E. Goudsmit, J.B. Evers, and N. P. R. Anten, “The effect of pruning on yield of cocoa trees is mediated by tree size and tree competition”. *Scientia Horticulturae*, 304, Article 111275, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111275>
- [24] C.R. Tejas Raviraja, G. Shetty, C.S. Ravi, M.R. Namratha and M. Shivaprasad M. “Effect of foliar application of nutrients on growth, flowering and yield of cocoa (*Theobroma cacao L.*) under hill zone of Karnataka”. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. Vol.9, no.11, 780-786, 2025. doi: <https://www.doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i11Sj.6322>
- [25] E. Vasquez-Zambrano, L. Woittieza, S. Joost van Heerwaarden, L. Rusinamhodzib, S. Hauserc, Ken E. Gillera “Deriving fertiliser recommendations for cocoa: An offtake model approach”. *European Journal of Agronomy*, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.12746>
- [26] F. Wang, C. Wang, B. Yang, X.Q. R. Luo, F. Ji, X. Guo, T. Yang, X. Zhao, M. Li, Q.

Jiang, L. Peng, H. Cao, “Nitrogen Application Timing and Levels Affect the Fate and Budget of Fertilizer Nitrogen in the Apple–Soil System”. *Plants*, vol.13, no.6, 813, 2024. doi:10.3390/plants13060813, 20

[27] R. Zulfikri, Rusmana, S. Ritawati, and S, Isminingsih, “Growth Response of Cacao

(*Theobroma cacao* L.) Clone Iccri 06 H to Various Doses of Humic Acid and NPK Fertilizer”. *Applied Agroecotechnology Journal*. Vol.6, no. 1, pp: 31-41, 2025.