

Karakteristik Buah Dan Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Pada Berbagai Altitude Di Dataran Tinggi

Nuridin Sitohang¹, Peby Sitanggang², Nerwin Simatupang³

^{1,2,3,4}Program Study of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Katolik Santo Thomas,
Jl. Setia Budi No.479-F, Medan 20132, Indonesia

*Korespondensi: nurdinsitohang@yahoo.com

ABSTRACT

The quality of farmers' cacao beans is generally still low today. One of the causes is because they are planted at various altitudes, especially in the highlands. The research focuses on the characteristics of cacao pod and beans at several altitudes in the highlands of North Sumatra. This research is conducted from July 2022 to December 2023 in Simalungun, Karo, Dairi, Samosir, North Tapanuli, and Humbang Hasundutan Regencies of North Sumatra Province. The parameters observed are pod length, pod diameter, pod volume, pod dry weight, bean dry weight, number of beans per pod, average weight per bean at 24 different altitudes between 815 m to 1300 m above sea level, with 10 pieces (replications) respectively in each level. The research results show that the characteristics of cacao pod and beans decrease along with increasing altitude in the highlands. The characteristics of cacao pod and beans in the highlands are still in the normal category compared to those in the lowlands.

Keywords: *characteristics, pod, beans, cacao, and altitude*

Pendahuluan

Kakao merupakan komoditas perkebunan yang sangat baik prospeknya, karena diperdagangkan dan dikonsumsi di seluruh dunia sebagai makanan, minuman, dan produk kakao lainnya. Sehingga, kakao memberikan manfaat ekonomi bagi negara dan petani penghasil kakao serta industri makanan di berbagai negara (Kongor et al. 2024). Negara-negara produsen kakao saat ini antara lain Ivory Coast, Ghana, Indonesia, Brasil, Kamerun, Dominican Republic, Ekuador, Meksiko, Nigeria, dan Peru. Indonesia berada pada peringkat ke-7 sebagai produsen kakao teratas di dunia (Voorra et al., 2019). Luas areal kakao di Indonesia pada tahun 2022 yakni 1.421.009 ha dengan produksi 650.612 ton, sebagian besar (99%) merupakan perkebunan rakyat. Setiap tahun terjadi penurunan luas areal karena alih fungsi lahan menjadi komoditas lain, sebagian tanaman sudah tua dan mengalami kerusakan (Ditjenbun, 2021). Di Sumatera Utara luas areal perkebunan kakao 54.653 ha dengan produksi sebesar 36.444 ton (Widyasanti, 2023). Daya saing ekspor biji kakao Indonesia masih cukup kompetitif, nilai ekonomi kakao ditentukan oleh mutu biji yaitu; bobot biji, kulit ari, kadar lemak, kadar air, bau, kadar biji pecah, benda asing, biji tidak terfermentasi, dan biji pipih. Biji kakao bermutu baik bobotnya >1,0 g per biji atau 85-100 biji per 100 g, makin kecil ukuran biji makin rendah mutunya (Siregar et al. 2014).

Mutu fisik biji kakao dipengaruhi oleh spesifik lokasi penanaman seperti altitude, iklim, bahan tanaman, teknik budidaya, dan pemeliharaan tanaman. Saat ini, budidaya kakao berkembang di dataran tinggi Sumatera Utara dikalangan petani pada altitude >800 m dpl, seperti di Kabupaten Simalungun 800-1400 m dpl (Naibaho, 2023), di Kabupaten Karo >860 m dpl (Sinuhaji, 2010), di Kabupaten Dairi 400-1700 m dpl (Matanari, 2019), di Kabupaten Samosir >904 m dpl (Azantaro, 2021), di Kabupaten Tapanuli Utara >1.000 m dpl (Sormin, 2012), dan di Kabupaten Humbang Hasundutan >800 m dpl (Harianja, 2020). Lokasi penanaman kakao ideal di Indonesia terdapat pada altitude <800 m dpl, makin tinggi altitude makin rendah temperatur udara. Temperatur ideal bagi tanaman kakao adalah 18-32°C, temperatur rendah <10°C menyebabkan daun gugur dan bunga mengering, serta laju pertumbuhan kakao berkurang. Temperatur tinggi memacu pembungaan dan gugur bunga kakao, meningkatkan bobot biji dan mempercepat pematangan buah (Siregar et al.



2014), mendorong pertumbuhan cabang dan mengakibatkan daun-daun kurang berkembang. Pertumbuhan kakao optimum pada altitude 0-600 m dpl (Wahyudi et al. 2008), bobot buah terbaik pada altitude 400-900 m dpl, mutu biji terbaik pada ketinggian 400-800 m dpl (Alam et al. 2010), bobot biji terbaik pada altitude 600 m dpl dan jumlah biji terbaik pada altitude 300 m dpl (Sitohang and Siahaan, 2018).

Jacobsen and Dangles (2017) menyatakan altitude berpengaruh terhadap tekanan udara, temperatur, presipitasi, kelembaban dan radiasi. Makin tinggi altitude makin rendah tekanan udara, temperatur udara rata-rata, dan radiasi matahari, tetapi presipitasi makin tinggi. Menurut Alvim and Kozłowski (1977), periode pemasakan buah kakao berlangsung 5-6 bulan yang dipengaruhi oleh ketinggian tempat, di dataran rendah buah masak pada umur sekitar 5 bulan sedangkan pada ketinggian 500 m dpl buah masak pada umur sekitar 6 bulan. Diperlukan penelitian kakao di dataran tinggi (>800 m dpl) Sumatera Utara khususnya di Kabupaten Simalungun, Karo, Dairi, Samosir, Tapanuli Utara, dan Humbang Hasundutan, untuk mengetahui: (1) karakteristik buah dan biji kakao, (2) hubungan karakteristik buah dan biji kakao dengan altitude, dan (3) ketinggian maksimum dimana tanaman kakao masih dapat tumbuh dengan baik. Tujuan penelitian untuk mempelajari karakteristik buah dan biji kakao pada berbagai ketinggian tempat penanaman di dataran tinggi >800 m dpl dan menentukan hubungan antara altitude dengan mutu buah kakao.



Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2022 sampai dengan Desember 2023, pengumpulan dan analisis sampel pada bulan Oktober 2022 sampai dengan Juli 2023. Tempat penelitian dilaksanakan pada 6 lokasi dataran tinggi di Kabupaten Karo, Dairi, Samosir, Tapanuli Utara, Humbang Hasundutan, dan Simalungun Propinsi Sumatera Utara. Pengamatan sampel buah dilaksanakan di laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Katolik Santo Thomas Medan. Bahan yang digunakan adalah buah kakao normal hasil panen, yang diambil dari tiap lokasi altitude. Alat-alat yang digunakan antara lain: altimeter, kertas label, alat tulis, oven, ember, kantong plastik, pisau, jangka sorong, timbangan standar, dan timbangan analitik.

Penelitian ini menggunakan metode survei dan deskriptif (non eksperimen) (Rumidi, 2006). Pengambilan sampel dilaksanakan pada 24 titik altitude, masing-masing 4 titik altitude di kabupaten Karo, Dairi, Samosir, Tapanuli Utara, Humbang Hasundutan, dan Simalungun Propinsi Sumatera Utara, Propinsi Sumatera Utara (Tabel 1). Buah normal hasil panen dipisahkan dari buah rusak dan cacat, buah normal dikumpulkan sedikitnya 40 buah, kemudian diambil 10 sampel secara acak.



Hasil Dan Pembahasan

Ukuran Buah (panjang, diameter, dan volume buah)

Altitude berpengaruh sangat nyata terhadap panjang buah, diameter buah, dan volume buah. Panjang buah tertinggi 18,95 cm pada altitude 928 m dpl (Karo) dan terendah 13,94 cm pada altitude 1.245 m dpl (Simalungun). Diameter buah tertinggi 8,50 cm pada altitude 1118 m dpl (Humbang Hasundutan) dan terendah 6,90 cm pada altitude 1.245 m dpl (Simalungun). Volume buah tertinggi 694 ml pada altitude 860 m dpl (Dairi) dan terendah 359 ml pada altitude 1.245 m dpl (Simalungun) (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata parameter karakteristik buah dan biji kakao pada berbagai altitude di dataran tinggi

Altitude	Panjang Buah	Diameter Buah	Volume Buah	Bobot Kering Buah	Bobot Kering Kolven	Bobot Kering Biji	Jumlah Biji per Buah	Rata-rata Bobot Biji	Nilai Buah (NiB)	Rendemen Biji (RdB)
.. mdpl cm cm ml g g g ..	-	.. g % ..	-
1. Kabupaten Simalungun										
943	15,35 bB	8,07 aA	524,7 aA	89,2 bB	53,8 aA	35,4 bA	39,3 aA	0,80 bB	28,48	39,9
1011	14,83 bB	8,06 aA	426,8 bB	80,3 bB	45,1 bB	35,2 bA	36,2 aA	1,00 aA	28,85	43,8
1070	14,64 bB	7,93 aA	423,3 bB	84,0 bB	47,8 bA	36,2 aA	36,1 aA	0,91 aA	29,22	42,8
1245	13,94 bB	6,90 bB	359,8 bB	74,7 bB	42,6 bB	32,3 bB	37,0 aA	0,83 bA	31,39	43,5
2. Kabupaten Karo										
833	18,25 aA	8,30 aA	645,0 aA	96,2 aA	60,4 aA	35,8 aA	38,6 aA	0,93 aA	31,54	36,7
928	18,95 aA	7,90 aA	507,0 aA	90,9 aA	61,3 aA	31,3 bB	36,1 aA	0,86 aA	35,83	33,8
952	18,45 aA	8,30 aA	593,5 aA	98,0 aA	65,1 aA	32,9 bB	39,3 aA	0,84 bA	32,93	33,4
1076	17,10 aA	7,65 aA	482,0 bB	83,4 bB	57,1 aA	26,3 bB	38,3 aA	0,72 bB	38,74	33,5
3. Kabupaten Dairi										
860	18,25 aA	8,20 aA	694,0 aA	118,6 aA	69,7 aA	48,3 aA	43,7 aA	1,10 aA	21,80	41,4
940	18,65 aA	7,55 aA	526,0 aA	96,4 aA	61,5 aA	35,0 bB	40,6 aA	0,86 aA	30,07	36,8
1040	17,85 aA	7,80 aA	497,0 aA	97,7 aA	65,8 aA	32,0 bB	37,3 aA	0,90 aA	32,71	34,4
1120	17,50 aA	7,50 aA	433,5 bB	78,4 bB	48,3 bA	31,0 bB	31,8 bB	0,97 aA	36,20	39,8
4. Kabupaten Samosir										
815	18,15 aA	8,20 aA	465,0 bA	89,3 bA	50,3 aA	38,8 aA	33,5 bB	1,16 aA	26,95	43,8
930	17,75 aA	8,30 aA	450,5 bB	78,1 bB	45,0 bB	33,4 bB	33,3 bB	1,01 aA	32,39	42,7
1073	16,85 aA	8,15 aA	405,0 bB	68,2 bB	41,8 bB	26,4 bB	33,6 bB	0,80 bB	41,59	38,2
1300	18,85 aA	8,35 aA	477,0 bA	78,7 bB	43,3 bB	36,4 aA	39,5 aA	0,92 aA	30,07	46,4
5. Kabupaten Tapanuli Utara										
827	16,10 aA	7,46 aA	409,0 bB	78,6 bB	47,1 bA	25,3 bB	33,0 bB	0,70 bB	40,24	40,4
998	14,08 bB	7,63 aA	403,3 bB	67,5 bB	38,0 bB	39,0 aA	34,5 bB	1,02 aA	27,46	44,0
1170	15,77 bA	7,67 aA	435,0 bB	65,0 bB	39,8 bB	30,6 bB	32,5 bB	0,73 bB	35,01	39,3
1213	17,63 aA	7,49 aA	443,8 bB	79,9 bB	46,9 bA	31,3 bB	34,6 bB	0,87 aA	32,81	41,8
6. Kabupaten Humbang Hasundutan										
865	15,80 bA	8,15 aA	440,5 bB	64,1 bB	39,7 bB	31,5 bB	36,6 aA	0,88 aA	31,97	39,9
960	18,05 aA	8,15 aA	461,0 bA	85,9 bA	46,9 bA	29,5 bB	38,7 aA	0,95 aA	34,07	45,3
1030	18,95 aA	8,20 aA	481,5 bB	77,3 bB	47,6 bA	25,3 bB	42,0 aA	0,85 bA	39,85	39,1
1118	16,90 aA	8,50 aA	477,5 bB	75,9 bB	46,3 bA	33,0 bB	36,0 aA	0,85 bA	30,59	41,8
BNJ.05	3,00	1,30	209,7	29,1	20,76	12,80	7,86	0,30	-	-
BNJ.01	3,39	1,46	236,5	32,8	23,41	14,43	8,86	0,34	-	-

Ket.: Notasi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ (huruf kecil) dan $\alpha = 1\%$ (huruf besar).

Makin tinggi altitude makin rendah temperatur tetapi makin tinggi kelembaban. Perubahan temperatur mempengaruhi karakter morfologi dan anatomi tanaman. Peningkatan altitude mempengaruhi temperatur, intensitas cahaya, kelembaban, maupun kondisi tanah sehingga menyebabkan pertumbuhan kakao dan karakteristik buah kakao mengalami perubahan. Setiap

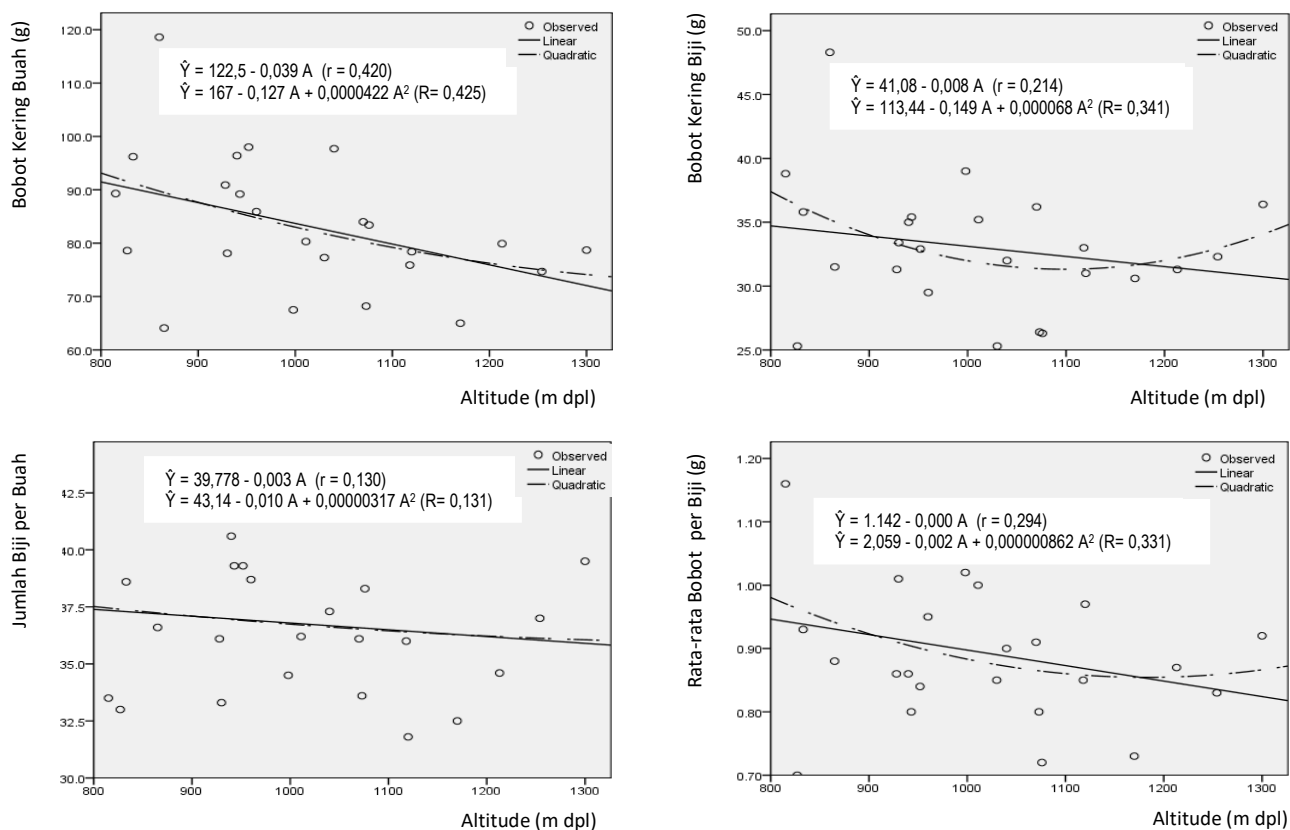


kenaikan altitude 100 m dpl maka temperatur akan turun sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$ secara rata-rata, hal ini dikenal sebagai laju penurunan temperatur normal pada semua lintang dan waktu. Menurut Wijayanto dan Nurunnajah (2012) terjadinya perubahan iklim mikro akan mempengaruhi kondisi dan produksi tanaman, karena perubahan iklim mikro akan mengubah keadaan lingkungan tanaman.

Ukuran buah (panjang, diameter dan volume buah) kakao lebih dipengaruhi oleh faktor genetik dan kecukupan hara tanaman. Menurut Yusianto (2015) suplai hara yang cukup untuk perkembangan buah kakao diperlukan pada minggu 18-20 minggu setelah pembungaan, dimana pada umur tersebut pembentukan dan pembesaran biji berjalan dengan cepat. Selanjutnya pertumbuhan buah akan melambat dengan terjadinya pemasakan buah yang ditandai dengan perubahan warna menjadi kekuning-kuningan.

Bobot Kering Buah (kolven dan biji)

Altitude berpengaruh nyata terhadap bobot kering buah kakao, bobot tertinggi 118,6 g terdapat pada altitude 860 m dpl (Dairi) dan terendah 65,0 g pada altitude 1.170 m dpl (Tapanuli Utara). Bobot kolven tertinggi 69,7 g pada altitude 860 m dpl (Dairi) dan terendah 64,1 g pada altitude 865 m dpl (Humbang Hasundutan). Bobot kering biji tertinggi 48,3 g pada altitude 860 m dpl (Dairi) dan terendah 25,3 g pada altitude 827 m dpl (Tapanuli Utara) dan 1.030 m dpl (Humbang Hasundutan)..



Gambar 1. Regresi altitude dengan bobot kering buah, bobot kering biji, jumlah biji per buah, dan rata-rata bobot per biji

Regresi altitude dengan bobot kering buah kakao (Gambar 1) menunjukkan bahwa makin tinggi



altitude makin menurun bobot kering buah, bobot kering biji, jumlah biji, rata-rata bobot biji kakao. Peningkatan altitude dibarengi dengan penurunan temperatur, yang menurunkan proses metabolisme tanaman dan juga memperpanjang umur pematangan buah, masa pengisian buah lebih lama memungkinkan bobot kering buah kakao masih bisa ditingkatkan. Menurut Karim, *et al* (1996) altitude mempengaruhi iklim mikro. Kondisi curah hujan, bulan kering, temperatur dan kelembaban adalah beberapa faktor iklim yang mempengaruhi produktivitas kakao. Menurut Karmawati *et al* (2010) penurunan temperatur menyebabkan pulp biji kakao lebih banyak.

Jumlah biji per buah

Altitude berpengaruh nyata terhadap jumlah biji per buah, tertinggi 43,7 biji pada altitude 860 m dpl (Dairi) dan terendah 31,8 biji pada altitude 1.120 m dpl (Dairi). Regresi antara altitude dengan jumlah biji per buah (Gambar 1) menunjukkan bahwa makin tinggi altitude makin meningkat jumlah biji per buah. Serangga berperan penting dalam penyerbukan hingga pembentukan buah kakao, serangga dapat meningkatkan *fruit set*. Penyerbukan yang baik oleh bantuan serangga pada bunga kakao akan menghasilkan ukuran, diameter, bobot buah, dan jumlah biji yang lebih besar. Makin tinggi frekuensi penyerbukan serangga mengunjungi bunga, maka peluang terbentuknya biji akan makin baik dan mempengaruhi ukuran buah kakao. Secara umum, jumlah biji kakao berkisar antara 40-50 biji per buah (Nugroho *et al*, 2019). Secara alamiah, tanaman kakao merupakan tanaman menyerbuk silang dengan bantuan angin dan serangga. Di dataran tinggi, produktivitas kopi arabika meningkat 20-25% dengan adanya serangga penyerbuk (Fahri *et al*, 2016).

Rata-rata bobot biji.

Altitude berpengaruh sangat nyata terhadap rata-rata bobot biji, bobot biji tertinggi 1,16 g terdapat pada altitude 815 m dpl (Samosir) dan terendah 0,70 g terdapat pada ketinggian 827 m dpl (Tapanuli Utara). Regresi antara altitude dengan rata-rata bobot biji (Gambar 1) menunjukkan bahwa makin tinggi altitude makin menurun rata-rata bobot biji. Menurut Siregar *et al* (2014) bahwa ketinggian tempat yang ideal untuk penanaman kakao adalah <800 m dpl. Penelitian Daymond and Hadley (2008) yang menyatakan bahwa rata-rata bobot biji kakao makin menurun dengan menurunnya temperatur harian. Menurut Najihah *et al* (2018) bahwa temperatur optimum untuk pertumbuhan kakao adalah kombinasi temperatur malam 24°C dan temperatur siang 30°C. Perubahan temperatur dalam kisaran antara 25°C dan 29°C merupakan kondisi yang menguntungkan untuk pertumbuhan kakao (Yoroba *et al*, 2019). Keragaman hasil biji per buah juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan temperatur lingkungan.

Nilai buah dan rendemen biji

Altitude berpengaruh tidak nyata terhadap nilai buah, nilai buah terbaik 21,8 dengan rendemen biji 41,4 terdapat pada altitude 860 m dpl (Dairi) dan terendah 41,59 terdapat pada altitude 1.073 (Samosir). Makin tinggi altitude maka nilai buah cenderung menurun. Peningkatan altitude diikuti dengan umur pematangan buah/biji lebih lama (Alvim and Kozlowski, 1977) dan masa pengisian biji lebih lama sehingga bobot kering biji kakao meningkat.

Pembahasan umum.

Karakteristik buah dan biji kakao di dataran tinggi (>800 m dpl) dipengaruhi oleh perbedaan altitude dan kondisi lokasi penanaman. Di dataran tinggi terjadi penurunan temperatur, kelembaban dan angin. Hal ini menyebabkan perubahan proses metabolisme tanaman. Menurut Omolaja *et al*, (2010) bahwa proses fisiologis dan perkembangan tanaman kakao sangat peka terhadap temperatur, sehingga perubahan temperatur lingkungan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi biji kakao. Kisaran temperatur yang optimal untuk pertumbuhan dan produksi kakao adalah antara 25-



29°C (Yoroba *et al*, 2019). Kelimpahan serangga penyerbuk pada tanaman kakao dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Aktifitas serangga efektif pada kisaran suhu 15-45°C, lebih maksimal pada suhu optimum 25°C. Populasi serangga berkembang pada cuaca yang lembab dengan kisaran 65%-90%, sedangkan cuaca yang sangat kering atau curah hujan tinggi akan menghambat pertumbuhan populasi serangga. Aktivitas serangga penyerbuk pada pagi hari 653,3 lux dan sore hari 610,3 lux merupakan kondisi yang baik bagi serangga pollinator (Amirullah dan Afdaliana, 2018).

Korelasi antar parameter.

Korelasi antar (Tabel 2) menunjukkan bahwa altitude berkorelasi negatif dengan panjang buah, diameter buah, volume buah, bobot kering buah, bobot kering biji, jumlah biji per buah dan rata-rata bobot biji.

Tabel 2. Korelasi Antar Peubah yang Diamati

Variabel	AL	PB	DB	VB	BKB	BKK	BKBj	JBjB
PB	-0.25	-						
DB	-0.31	0.50*	-					
VB	-0.45*	0.58**	0.49*	-				
BKB	-0.42*	0.55**	0.34	0.84**	-			
BKK	-0.41*	0.58**	0.29	0.82**	0.93**	-		
BKBj	-0.32	0.18	0.33	0.57**	0.70**	0.47*	-	
JBjB	-0.15	0.42*	0.44*	0.67**	0.63**	0.58**	0.39	-
RBBj	-0.22	0.43*	0.77**	0.36	0.46*	0.39	0.45*	0.44*

$r_{0,05} = 0,88$

Keterangan:

- AL = Altitude
- PB = Panjang buah
- DB = Diameter buah
- VB = Volume buah
- BKB = Bobot kering buah
- BKK = Bobot kering kolven
- BKBj = Bobot kering kiji
- JBjB = Jumlah kiji per kuah
- RBBj = Rata-rata bobot biji

Panjang buah berkorelasi kuat (<0,500) dengan diameter buah, volume buah, dan bobot kering buah. Bobot kering buah berkorelasi kuat dengan bobot kering kolven, bobot kering biji, dan rata-rata bobot biji. Bobot kering biji berkorelasi kuat jumlah biji per buah dan rata-rata bobot biji. Perbedaan altitude menyebabkan perbedaan temperatur, dan radiasi/intensitas penyinaran, tekanan udara sehingga makin tinggi altitude cenderung menurunkan rata-rata bobot biji.

Menurut Siregar *et al* (2014) bahwa ketinggian tempat yang ideal udara, kelembaban (RH) dan curah hujan. Makin tinggi altitude maka radiasi matahari berkurang, temperatur menurun, kelembaban udara makin rendah, dan tekanan udara makin rendah (Koeppel and De Long, 1958). Altitude mempengaruhi karakteristik fisik buah dan biji kakao, karena pada altitude yang lebih tinggi terjadi penurunan laju fotosintesis dan translokasi fotosintat (Karamoy, 2009). Pada temperatur yang lebih rendah (18-21°C) bunga kakao yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan pada temperatur udara yang lebih tinggi (Tjasadihardja, 1980).

Di dataran tinggi, angin kencang dapat merusak dan menggugurkan daun coklat sehingga menurunkan produksi (Tim Bina Karya Tani, 2010). Secara normal, buah kakao akan masak sekitar 5-6 bulan setelah penyerbukan. Buah masak berukuran 10-30 cm, setiap tongkol buah berisi 30-50 biji dengan bobot biji kering 0,8-1,3 g per biji. Di dataran rendah buah masak sekitar 5 bulan sedangkan di dataran tinggi >500 m dpl buah masak sekitar 6 bulan (Susanto, 2011). Pemasakan buah yang lebih lama memungkinkan pengisian buah yang lebih lama hingga ukuran buah



maksimum dapat dicapai, sedemikian juga halnya ukuran biji maksimum dapat dicapai. Menurut Prawoto dan Karneni (1994), makin tinggi lokasi makin besar ukuran biji kakao. Secara agronomis, perkembangan buah dan biji dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti bahan tanaman, kondisi lokasi, dan tindakan agronomi. Karakteristik penting biji kakao ditentukan berdasarkan ukuran biji yakni jumlah biji (*beans account*) per 100 g dari sampel pada kadar air 6-7 %. Ukuran biji untuk kualitas ekspor antara 1,0-1,2 g atau setara dengan 85-100 biji per 100 g (Tim Bina Karya Tani, 2010).

Kesimpulan

Karakteristik fisikbuah dan biji kakao berhubungan dengan altitude (ketinggian tempat). Di dataran tinggi Humbahas pada altitude 865-1118 m dpl, peningkatan altitude meningkatkan panjang buah, bobot buah, bobot biji, jumlah biji per buah, dan rata-rata bobot biji. Pada altitude tertinggi 960 m dpl didapatkan fisik buah dan biji kakao yang baik dengan panjang buah 18,10 cm, bobot kering buah 85,92 g, bobot kering biji 39,02 g, jumlah biji 38,7 per buah, dan rata-rata bobot kering 1,02 g per biji. Hasil kakao di dataran tinggi dapat ditingkatkan melalui teknik budidaya yang lebih baik khususnya pemupukan.

Daftar Pustaka

- Alam, N.A.N., M.S. Saleh dan Hutomo, G.S. 2010. Karakteristik Buah Kakao yang Dipanen pada Berbagai Ketinggian Tempat Tumbuh dan Kelas Kematangan. *J Agroland*. 17(2):123-30.
- Alvim, P.T. and T.T. Kozlowski. 1977. *Ecophysiology of Tropical Crops*. Academic Press : New York –San Fransisco-London:520p.
- Amirullah, W.S. dan D. Afdaliana. 2018. Keanekaragaman Serangga Polinator di Perkebunan Kakao (*Theobroma cacao* L.) Desa Puudongi Kecamatan Kolono Kabupaten Konawe Selatan Sulawesi Tenggara.
- Azantaro. 2021. Kabupaten Samosir dalam Angka (*Samosir Regency in Figures*) 2021. Badan Pusat Statistik Kabupaten Samosir, Sumatera Utara.
- Daymond, A.J. and Hadley, P. 2008. Differential Effects of Temperature on Fruit Development and Bean Quality of Contrasting Genotypes of Cacao (*Theobroma cacao*). *Annals of Applied Biology*, 153(2), 175-185. ISSN 0003-4746.
- Ditjenbun. 2021. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kakao 2020-2021. Jakarta.
- Ditjenbun. 2019. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kakao 2016-2019. Jakarta.
- Fahri, F., J. Jamaluddin, F. Fitrallisan dan M. Sataral. 2016. Keanekaragaman Hymenoptera pada Kebun Kakao di Lembah Napu, Sulawesi Tengah, Indonesia. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 5(3).
- Farhanandi, B.W., N.K. Indah. 2022. Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda. *LenteraBio* Vol. 11 (2) : 310-325.
- Gomez, K.A. dan A.A. Gomez. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. (Penerjemah: Endang Sjamsudin dan Justika S. Baharsjah), UI-Press, Jakarta: 368-436.
- Harianja, R.H. 2019. *Humbang Hasundutan Regency in Figures 2019*. BPS-Statistics of Humbang Hasundutan Regency, ISSN: 2087-6459, 435 p.
- Jacobsen, D. and O. Dangles. 2017. *Ecology of High Altitude Waters*. Oxford University Press New York NY 10016, USA.
- Karamoy, L.T. 2009. Hubungan Iklim dengan Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Soil Environment* 7(1):65-68.
- Karim, A., U.S. Wiradisatra, Sudarsono dan S. Yahya. 1996. Evaluasi kriteria klasifikasi kesesuaian lahan kopi Arabika Catimor di Aceh Tengah. *Jurnal Tanah Tropika*. Tahun II (3) : 74 - 82.



- Karmawati, E.Z, M. Mahmud, S.J. Syakir, Munarso, A.I. Ketut dan Rubiyo. 2010. Budidaya dan Pasca Panen Kakao. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Koeppel, C.E. and G.C. DeLong. 1958. Weather and Climate. McGraw Hill Book Company Inc. New York-Toronto-London:35,148.
- Kongor, J.E., M. Owusu and C.O.Yeboah. 2024. Cocoa Production in the 2020s: Challenges and Solutions. *CABI Agriculture and Bioscience*, 5(1), 102.
<https://doi.org/10.1186/s43170-024-00310-6>
- Maemunah dan E. Adelina. 2009. Lama Penyimpanan dan Invigorasi terhadap Vigor Bibit Kakao (*Theobroma cacao*. L). *Media Litbang Sulteng* 2(1): 56- 61.
- Matanari, A. 2019. Kabupaten Dairi dalam Angka (*Dairi Regency in Figures*) 2019. Badan Pusat Statistik Kabupaten Dairi, Sumatera Utara.
- Naibaho, S. 2023. Simalungun Regency in Figures 2023. BPS-Statistics of Simalungun Regency, ISSN:0215-2339, 511 p.
- Najihah, T., M. Ibrahim, P. Hadley and A. Daymond. 2018. The Effect of Different Day and Night Temperatures on the Growth and Physiology of *Theobroma cacao* under Controlled Environment Condition. *Annual Research & Review in Biology*, 27(2), 1–15.
- Nugroho, A., T. Atmowidi dan S. Kahono. 2019. Diversitas Serangga Penyerbuk dan Pembentukan Buah Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Sumberdaya HAYATI*, 5(1), 11-17.
- Omolaja, S.S., P. Aikpokpodion, S. Oyedele and D.E. Vwioko. 2010. Rainfall and temperature effects on flowering and pollen productions in cocoa. *African Crop Science Journal*, 17(1), 41– 48.
- Prawoto, A.A. dan I.A. Karneni. 1994. Pengaruh Tinggi Tempat Penanaman Kakao Terhadap Kadar Lemak dan Komposisi Asam Lemak. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. Jember.
- Rumidi, S. 2006. Metodologi Penelitian Petunjuk Praktis Untuk Peneliti Pemula. Gajah Mada Univeristy Press. Yogyakarta.
- Santoso, S.2000.SPSS (Statistical Product and Service Solutions). Penerbit PT. Elex Media Komputindo, Jakarta:432hal.
- Sinuhaji, A. 2010. Profil Pertanian Kabupaten Karo. Pemerintahan Kabupaten Karo Dinas Pertanian dan Perkebunan Sumatera Utara.
- Siregar, T.H.S., S.Riyadi dan L. Nuraeni. 2014. Budidaya Pengolahan dan Pemasaran Coklat. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sitohang, N. and R. Siahaan. 2018. Fruit Characteristics of Cocoa in Various Altitude Place. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 205 (1) IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/205/1/012022
- Sormin, G. 2012. Tapanuli Utara Dalam Angka 2012. Badan Pusat Statistik Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara.
- Susanto, F.X. 2011. Tanaman Kakao Budidaya dan Pengolahan Hasil. Kanisius. Yogyakarta.
- Tim Bina Karya Tani. 2010. Pedoman Bertanam Cokelat. CV Yrama Widya. Bandung.
- Tjasadhardja, A. 1980. Beberapa Proses Fisiologi Utama Penentu Produksi Tanaman Cokelat. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor, 11 hal.
- Voora, V., S. Bermúdez and C. Larrea. 2019. Global Market Report: Cocoa. Winnipeg, MB, Canada: International Institute for Sustainable Development, p.12.
<http://www.jstor.com/stable/resrep22025>
- Wahyudi, T., T.R. Panggabean dan Pujiyanto, 2008. Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir. Penebar Swadaya. Jakarta.



- Widyasanti, A. A. 2023. Indonesia Cocoa Statistics 2022. Vol 7. ISSN 2714-8440.
- Wijayanto, N. dan Nurunnajah. 2012. Intensitas Cahaya, Suhu, Kelembaban dan Perakaran Lateral Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di RPH Babakan Madang BPKH Bogor, KPH Bogor. Jurnal Silvikultur Tropika, III : 8-13.
- Yoroba, F., B.K. Kouassi, A. Diawara, L.A.M. Yapo, K. Kouadio, D.T. Tiemoko, Y.K. Kouadio, I.D. Koné and P. Assamoi. 2019. Evaluation of Rainfall and Temperature Conditions for a Perennial Crop in Tropical Wetland: A Case Study of Cocoa in Côte d'Ivoire. Advances in Meteorology.
- Yusianto, F. 2015. Kakao: Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, dan Perdagangan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Zaenuddin dan J.B. Baron. 2004. Prospek Kakao Nasional. Satu Dasa Warsa (2005-2014) Mendatang Antisipasi Pengembangan Kakao Nasional Menghadapi Regenerasi Pertama Kakao di Indonesia.

