

KARAKTERISTIK BUAH DAN BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) PADA BERBAGAI ALTITUDE DI DATARAN TINGGI DAIRI

(The Characteristic of Cocoa Pod and Bean on Several Altitudes of Dairi Highland)

Nurdin Sitohang^{*1}, Arjun Marbun²

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

*Korespondensi:

ABSTRACT

The cocoa productivity is currently quite low quantity (454 kg ha⁻¹) and quality, one of it caused by planting location of various altitude especially the highlands. The focus of this research were characteristic of cocoa pod and beans on several altitudes in Dairi highland. The research method were survey as purposive sampling on four altitudes as 860, 940, 1040, and 1120 m from sea levels (asl). The observed parameters were pod size, pod diametre, pod volume, dry weight of pod, dry weight of kolven, dry weight of beans, bean count per pod, dry weight per bean, pods value, and bean yield at 4 different altitudes in Dairi highland (>800 m asl) with 10 pods (replications) at each altitudes. The results of research showed that the increasing of altitude caused the decresed of pod size, pod diametre, pod dry weight, dry weight of beans, bean count per pod, dry weight each bean, pod value, and bean yield. The best pods and beans were at altitude of 860 m asl, namely fruit length 18.3 cm, fruit dry weight 118.6 g, beans dry weight 48.3 g, number of beans per fruit 43.7 and average weight per bean 1.10 g. The physical characteristics of cocoa pods and beans are still in the normal category.

Key words : cocoa, characteristic, pod, bean, and highland

Pendahuluan

Kakao (*Theobroma cacao* L) merupakan komoditas perkebunan dengan prospek yang sangat baik saat ini. Pada tahun 2023, luas areal kakao di Indonesia 1.393.390 ha dengan produksi 632.117 ton (454 kg/ha), sebagian besar perkebunan kakao tersebut merupakan perkebunan rakyat 1.388.386 ha (99,64 %) dengan produksi 631.350 ton. Di Sumatera Utara luas areal kakao mencapai 53.077 ha dengan produksi sebesar 35.426 ton (BPS, 2024). Penurunan luas areal terjadi sejak tahun 2017 yang disebabkan oleh perubahan iklim yang berimbas pada perubahan penggunaan lahan dan sebagian tanaman tua dan rusak (Ditjenbun, 2021).

Pengelolaan perkebunan kakao rakyat umumnya sederhana dibandingkan dengan perkebunan besar (negara atau swasta). Produktivitas kakao saat ini sekitar 454 kg per ha terus mengalami penurunan, selain itu kualitas kakao yang dihasilkan juga masih rendah karena cara pengelolaan yang sederhana (Rubiyo dan Siswanto, 2012; dan Mulyo dan Hariyati, 2020). Nilai ekonomi pemasaran kakao dipengaruhi oleh mutu biji yaitu; berat biji, kulit ari, kadar lemak, kadar air, bau, kadar biji pecah, benda asing, biji tidak terfermentasi, dan biji pipih (Siregar *et al*, 2014).

Mutu fisik biji kakao dipengaruhi oleh lokasi penanaman seperti ketinggian tempat, iklim, bahan tanaman, teknik budidaya, dan pemeliharaan tanaman. Ketinggian optimum untuk pertumbuhan kakao antara 0-600 m dpl (Wahyudi *et al*, 2008). Menurut Prawoto dan Karneni (1994), makin tinggi letak lokasi tumbuh kakao makin besar ukuran biji, makin rendah kadar kulit, dan makin besar kadar lemaknya. Menurut Alam *et al* (2010), berat buah kakao terbaik ditemukan pada ketinggian 400-900 m dpl, sedangkan mutu biji terbaik ditemukan pada ketinggian 400-800 m dpl. Ukuran biji kakao yang bermutu baik (kelas A,B, dan C) ditetapkan antara 1,0-1,2 g per biji atau setara dengan 85-100 biji per 100 g, makin kecil ukuran biji makin rendah mutunya. Biji kelas A jumlahnya 90-100 biji per 100 g, biji kelas B jumlahnya 100-110 biji per 100 g dan biji kelas C jumlahnya 110-120 butir

per 100 g contoh (Siregar *et al*, 2014).

Ketinggian tempat lokasi penanaman kakao yang masih ideal di Indonesia terletak pada altitude <800 m dpl (Siregar *et al*, 2014). Budidaya kakao telah berkembang ke dataran tinggi, ternyata pada ketinggian 700-1.350 m dpl tanaman kakao masih dapat tumbuh dan berkembang dengan baik serta mutu buah tidak jauh berbeda dibandingkan dengan dataran rendah (Sitohang *et al*, 2023). Di Sumatera Utara, perkebunan kakao banyak dijumpai di dataran rendah, namun penanaman kakao telah dijumpai di dataran tinggi seperti di Kabupaten Samosir pada ketinggian >904 m dpl (Azantaro, 2021), Kabupaten Humbang Hasundutan pada ketinggian >800 m dpl (Harianja, 2020), Kabupaten Dairi pada ketinggian 400-1700 m dpl (Matanari, 2019), Kabupaten Karo pada ketinggian 860 m dpl (Sinuhaji, 2010), dan Kabupaten Tapanuli Utara pada ketinggian >1.000 m dpl (Sormin, 2012).

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 (Koepppe and DeLong, 1958). Menurut Alvim and Kozlowski (2013), periode pemasakan buah kakao berlangsung 5-6 bulan, 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.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu penelitian kakao di dataran tinggi (>800 m dpl) khususnya di Dairi, untuk mengetahui: (1) karakteristik buah dan biji, (2) bagaimana hubungan mutu buah dan biji dengan ketinggian tempat, dan (3) ketinggian maksimum dimana tanaman kakao masih dapat tumbuh dengan baik. Tujuan penelitian untuk mempelajari karakteristik buah dan biji di dataran tinggi >800 m dpl, menentukan hubungan antara ketinggian tempat dengan mutu buah kakao, dan untuk mendapatkan gambaran pertumbuhan kakao di dataran tinggi Dairi. Hipotesis penelitian yaitu: ada hubungan (korelasi) antara ketinggian tempat (daerah penanaman kakao) dengan karakteristik fisik buah dan biji di dataran tinggi >800 m dpl, khususnya di Dairi. Kegunaan penelitian untuk pengendalian mutu hasil kakao rakyat khususnya di dataran tinggi Dairi (>800 m dpl), dan sebagai penelitian dosen dalam tridharma perguruan tinggi.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2024 sampai dengan Desember 2024, dengan perincian pengambilan sampel dari lapangan pada bulan Agustus 2024, analisis di laboratorium pada bulan September 2024, dan pembuatan laporan pada bulan Nopember 2024. Daerah penelitian (pengambilan sampel) ditetapkan di 4 lokasi ketinggian di Kabupaten Dairi, Propinsi Sumatera Utara.

Bahan yang digunakan adalah buah kakao jenis trinitario yang mirip forastero hasil panen sebanyak 10 buah per lokasi ketinggian tempat (altitude). Alat yang digunakan antara lain: altimeter, kertas label, alat tulis, oven, ember, kantong plastik, pisau, jangka sorong, timbangan standar, dan timbangan analitik.

Metode penelitian digunakan metode deskriptif penelitian survei (non eksperimen) (Sukandarrumidi, 2006). Daerah penelitian ditetapkan secara sengaja (*purposive*) pada 4 lokasi ketinggian tempat (altitude) di kabupaten Dairi, Propinsi Sumatera Utara (**Tabel 1**). Sampel buah hasil panen dikumpulkan dan disortir dari buah yang rusak karena serangan hama dan cacat. Buah normal dipisahkan sedikitnya 40 buah secara komposit, kemudian diambil 10 sampel secara acak.

Tabel 1. Lokasi Penelitian dan Jumlah Sampel

No	Lokasi Sampel	Ketinggian Tempat (m dpl)	Jumlah Sampel
1	Siempat Nempu	800 - 900 (860)	10
2	Bakkal Julu	900 - 1000 (940)	10
3	Sitinjo	1000 - 1100 (1040)	10
4	Tombangan	1100 - 1200 (1120)	10

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer kondisi tanaman kakao diperoleh dari wawancara dengan petani, pengamatan di lokasi penelitian, dan pengamatan sampel. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik, literatur dan sumber-sumber lain yang ada relevan.

Data penelitian dianalisis dengan sidik ragam, regresi (Santoso, 2000) dan analisis deskriptif sesuai dengan keperluannya (Gomez dan Gomez, 1995). Analisis didasarkan pada fungsi sederhana: $Y = f(X)$ dimana Y merupakan variabel terikat yaitu: panjang buah, diameter buah, volume buah, bobot kering buah, bobot kering kolven, bobot kering biji, jumlah biji per pod, rata-rata bobot per biji, nilai buah, dan rendemen biji. Sedangkan X merupakan variabel bebas yaitu ketinggian tempat (*altitude*).

Parameter yang diamati antara lain:

1. Ketinggian tempat (*altitude*), ditentukan dengan altimeter pada setiap lokasi tempat pengambilan sampel.
2. Karakteristik fisik buah kakao antara lain: (a) panjang buah kakao (cm) diukur dari pangkal buah hingga ujung buah, (b) diameter buah kakao (cm) diukur pada bagian tengah buah dengan menggunakan jangka sorong, (c) volume buah kakao (ml) diukur dengan gelas ukur secara volumetrik, (d) bobot kering buah (g) yaitu jumlah bobot kering kolven (kulit buah) dan bobot kering biji per buah, (e) bobot kering kolven ditentukan dengan menimbang kolven setelah pengeringan dalam oven pada temperatur 70 °C selama 72 jam.
3. Karakteristik fisik biji kakao antara lain: (a) bobot kering biji (g) ditentukan dengan menimbang biji setelah pengeringan dalam oven pada temperatur 70 °C selama 72 jam, (b) jumlah biji per buah dihitung setelah membuang biji hampa, (c) rata-rata bobot per biji ditentukan dengan cara perbandingan bobot kering biji dengan jumlah biji per buah, (d) nilai buah ditentukan dengan menghitung jumlah buah yang setara dengan 1 kg biji kering, dan (e) rendemen biji yaitu rasio bobot kering biji dengan bobot kering buah.
4. Data penunjang yakni: data lokasi, bahan tanaman, umur tanaman, teknik budidaya, hama penyakit, dan sebagainya.

Hasil Dan Pembahasan

Kabupaten Dairi berada pada ketinggian antara 400-1.700 m dpl, lokasi penelitian pada ketinggian antara 860-1.120 m dpl masing-masing di Desa Siempat Nempu (860 m dpl), Bakkal Julu (940 m dpl), Sitinjo (1.040 m dpl), dan Tombangan (1.120 m dpl). Data curah hujan pada tahun 2018 di Kabupaten Dairi yaitu 231 mm per bulan atau 2.772 mm per tahun, dan kisaran suhu harian bervariasi antara 15-26 °C sesuai dengan letak ketinggian (Matanari, 2019). Jenis tanah di Kabupaten Dairi didominasi tanah liparit, litosol, podsolik, dan regosol. Jenis tanah di Desa Siempat Nempu dan Bakkal Julu didominasi tanah litosol, podsolik, dan regosol; di Kecamatan Sitinjo terdapat tanah alluvial berasosiasi dengan liparit; dan di Dusun Tombangan didominasi tanah liparit. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2021), curah hujan yang sesuai untuk budidaya kakao antara 1.500-2.500 mm per tahun dan rata-rata suhu 25-28°C. Sifat-sifat fisik tanah yang menentukan penetrasi akar adalah tekstur, kedalaman efektif tanah, dan drainase (Mengel and Kirkby, 1978). Kondisi curah hujan dan sifat fisik tanah pada lokasi penelitian kurang mendukung untuk budidaya kakao.

Kondisi Tanaman Kakao.

Jenis kakao di daerah penelitian adalah jenis trinitario yang mirip forastero. Bahan tanaman yang digunakan yaitu biji (generatif) dan belum menggunakan klon (vegetatif) yaitu bibit sambungan. Pemilihan klon yang sesuai dengan lokasi diperlukan untuk mencapai produksi yang tinggi dalam jangka panjang (Maemunah dan Adelina, 2009). Umur tanaman kakao yang dijadikan sampel

bervariasi antara 10-15 tahun atau rata-rata umur 12 tahun, pada kondisi umur produktif. Menurut Zaenuddin dan Baron (2004) produktivitas kakao mulai menurun setelah umur 15 sampai 20 tahun. Menurut Wahyudi *et al*, (2008) usia tanaman kakao yang paling produktif adalah 5-13 tahun dan 13-19 tahun dan memiliki buah yang banyak. Untuk mencapai produksi yang baik, maka teknik budidaya yang baik harus diterapkan yaitu: panen sering, pangkasan, pemupukan, sanitasi, dan perlindungan buah dari serangan hama dan penyakit (Khairudin *et al*, 2015). Budidaya kakao di lokasi penelitian, belum menggunakan tanaman pelindung dengan semestinya. Pemupukan anjuran untuk kakao dengan Urea 200 g per pohon, KCl 200 g per pohon dan SP-36 100 g per pohon, belum diterapkan dengan baik. Pangkasan ringan terhadap cabang berdiameter 2 cm belum diterapkan sesuai kebutuhan. Hama penting seperti penggerek buah kakao (PBK) atau *cacaomoth* (*Conopomorpha cramerella*), *Helopheltis sp*, dan penyakit busuk buah *Phytophthora palmivora* belum dikendalikan dengan baik.

Mutu Buah Kakao dan Biji.

Data 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, dan rendemen biji pada berbagai ketinggian tempat dapat dilihat pada **Tabel 3**. Berdasarkan **Tabel 3**, makin tinggi tempat tumbuh (altitude) tanaman kakao maka 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, dan rendemen biji mengalami penurunan. Sebagai perbandingan, morfologi buah kakao di dataran rendah pada ketinggian 207 m dpl, suhu udara 28 °C, kelembaban udara 79%, dan pH tanah 8 diketahui panjang buah 8,1-16,3 cm, diameter buah 8,2-9,2 cm, dan jumlah biji per buah 40-50 butir (Farhanandi dan Indah, 2022).

Tabel 3. Rataan Parameter Karakteristik Buah dan Biji Kakao pada Berbagai Ketinggian Tempat

Ketinggian Tempat (m dpl)	Panjang Buah (cm)	Diameter Buah (cm)	Volume Buah (ml)	Bobot Kering Buah (g)	Bobot Kering Kolven (g)	Bobot Kering Biji (g)	Jumlah Biji per Buah (biji)	Rata-rata Bobot per Biji (g)	Nilai Buah (buah)	Rend. Biji (%)
860	18,3 a	8,2 a	694,0 a	118,6 a	69,7 a	48,3 aA	43,7 A	1,10 a	21,8 b	41,4 a
940	18,7 a	7,6 a	552,5 a	96,4 ab	61,5 a	35,0 bAB	40,6 A	0,86 a	30,1 ab	36,8 a
1040	17,9 a	7,8 a	497,0 a	97,7 ab	65,8 a	32,0 bB	37,3 AB	0,90 a	32,7 ab	34,4 a
1120	17,5 a	7,5 a	433,5 a	78,4 b	48,3 a	31,0 bB	31,8 B	0,97 a	36,2 a	39,8 a
Rataan	18,1	7,8	537,6	97,8	61,3	36,6	38,4	1,0	30,2	38,1
BNJ.05	3,49	1,41	290,67	33,0	24,34	12,31	7,73	0,27	11,46	9,76

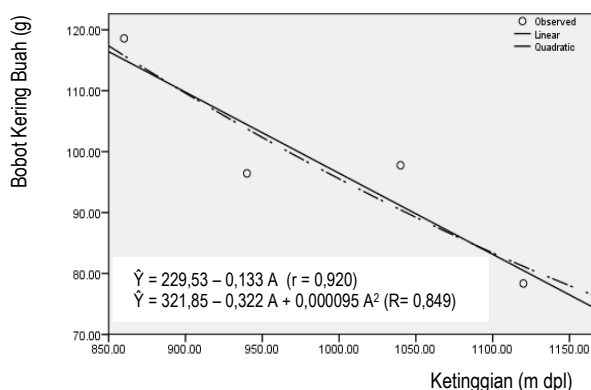
Keterangan: Notasi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada taraf $\alpha = 5\%$ (huruf kecil) dan 10% (huruf besar)

Panjang Buah, Diameter Buah, dan Volume Buah.

Ketinggian tempat berpengaruh tidak nyata terhadap panjang buah, diameter buah dan volume buah. Buah kakao terpanjang 18,7 cm terdapat pada ketinggian tempat 940 m, diameter buah terbesar 8,2 cm terdapat pada ketinggian 860 m dpl, dan volume buah atau ukuran buah terbesar 694,0 ml terdapat pada ketinggian 860 m dpl namun tidak berbeda nyata dibandingkan dengan ketinggian lainnya (**Tabel 3**). Makin tinggi ketinggian tempat maka panjang buah, diameter buah, dan volume buah cenderung menurun. Volume buah menggambarkan ukuran buah, yang sebanding dan bersesuaian dengan panjang buah maupun diameter buah. Perubahan temperatur mempengaruhi perubahan karakter morfologi maupun anatomi tanaman. Faktor ketinggian tempat mempengaruhi temperatur, intensitas cahaya, kelembaban, maupun pH tanah sehingga mempengaruhi karakteristik tanaman menjadi berbeda. Makin tinggi tempat maka temperaturnya makin rendah dan kelembaban makin tinggi (Fitter dan Hay, 1998). Setiap kenaikan 100 m dpl, temperatur akan turun sebesar 0,6 °C, hal ini dikenal dengan laju penurunan temperatur normal. Menurut Wijayanto dan Nurunnajah (2012) bahwa perubahan iklim mikro mempengaruhi produksi tanaman, karena mengubah keadaan lingkungan menjadi kurang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Diameter buah kakao lebih dipengaruhi oleh faktor genetis dan kecukupan suplai nutrisi selama pertumbuhan tanaman. Menurut Yusianto (2015) bahwa dengan suplai hara yang cukup maka pertumbuhan buah akan berjalan dengan cepat pada minggu 18-20 minggu, dimana pada umur tersebut terjadi pembentukan dan pembesaran biji berjalan dengan cepat. Selanjutnya pertumbuhan buah akan melambat hingga terjadi pemasakan buah yang ditandai dengan perubahan warna menjadi kekuning-kuningan.

Bobot Kering Buah.

Ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap bobot kering buah kakao. Bobot kering buah kakao tertinggi 118,6 g terdapat pada ketinggian 860 m dpl, berbeda nyata dengan ketinggian tempat 1120 m dpl, tetapi berbeda tidak nyata dengan ketinggian tempat 940, 1040, dan 1120 m dpl (**Tabel 3**). Regresi antara ketinggian tempat dengan bobot kering buah kakao (**Gambar 3**) menunjukkan bahwa makin tinggi ketinggian tempat maka bobot kering buah kakao makin menurun.



Gambar 3. Regresi ketinggian tempat dengan bobot kering buah

Peningkatan ketinggian tempat dibarengi dengan penurunan temperatur, selanjutnya penurunan temperatur akan menurunkan proses metabolisme tanaman termasuk fotosintesis tanaman, sehingga asimilat yang terakumulasi akan menurun (Taiz and Zeiger, 2002). Menurut Karim *et al* (1996) bahwa ketinggian tempat sangat menentukan perubahan iklim mikro. Curah hujan, bulan kering, temperatur dan kelembaban adalah beberapa faktor iklim yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas kakao. Selanjutnya, iklim dipengaruhi oleh ketinggian tempat, makin tinggi tempat maka temperatur akan menurun dan juga sebaliknya (Fitter dan Hay, 1998).

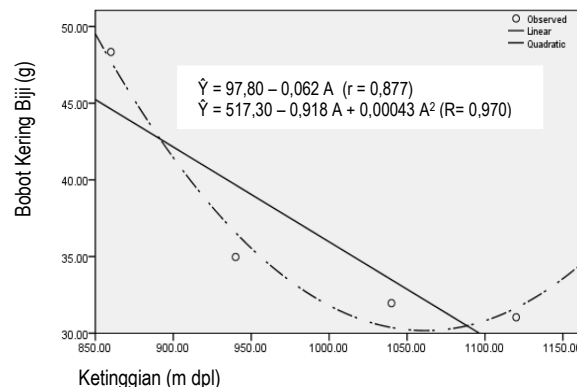
Bobot Kering Kolven.

Ketinggian tempat berpengaruh tidak nyata terhadap bobot kering kolven, makin tinggi ketinggian tempat maka bobot kering kolven buah kakao cenderung menurun. Bobot kering kolven tertinggi 69,7 g terdapat pada ketinggian tempat 860 m dpl (**Tabel 3**), tidak berbeda nyata

dibandingkan dengan ketinggian lainnya. Peningkatan ketinggian tempat dibarengi dengan penurunan temperatur, sehingga terjadi penurunan proses metabolisme dan penurunan akumulasi asimilat (Taiz and Zeiger, 2002; dan Fitter dan Hay, 1998).

Bobot Kering Biji.

Ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap bobot kering biji, bobot kering biji tertinggi 48,3 g (Tabel 3) terdapat pada ketinggian 860 m dpl, berbeda nyata dengan ketinggian 940 m dpl dan berbeda sangat nyata dengan ketinggian 1040 dan 1120 m dpl. Regresi antara ketinggian tempat dengan bobot kering biji kakao (**Gambar 4**) menunjukkan bahwa makin tinggi ketinggian tempat maka bobot kering biji makin menurun.



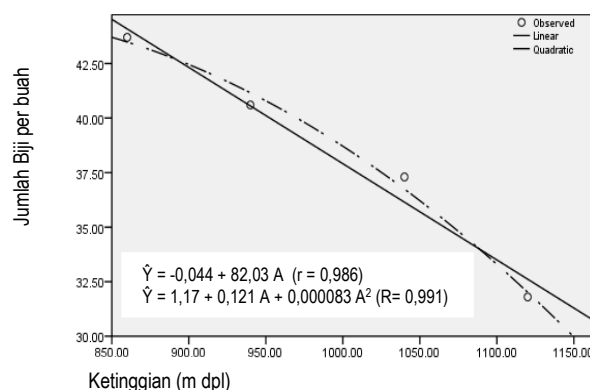
Gambar 4. Hubungan ketinggian tempat dengan bobot kering biji

Peningkatan ketinggian tempat dibarengi dengan penurunan temperatur (Fitter dan Hay, 1998), dan penurunan temperatur akan menurunkan laju fotosintesis tanaman dan akumulasi bahan kering (Taiz and Zeiger, 2002). Menurut Karmawati *et al* (2010) bahwa penurunan temperatur harian akan menyebabkan biji kakao banyak mengandung pulp dan asam lemak tidak jenuh dibandingkan dengan pada temperatur tinggi. Tebalnya pulp pada lapisan biji, akan mengurangi bobot biji kering setelah proses fermentasi, pencucian dan pengeringan. Menurut Santosa *et al* (2018) ada korelasi antara curah hujan bulanan dengan produksi kakao, curah hujan juga berperan penting menentukan kualitas buah kakao, curah hujan yang rendah menyebabkan kualitas buah menurun.

Jumlah Biji per Buah.

Ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap jumlah biji per buah, jumlah biji terbanyak 43,7 biji terdapat pada ketinggian 860 m dpl (**Tabel 3**) berbeda sangat nyata dengan ketinggian 1120 m dpl. Regresi antara ketinggian tempat dengan jumlah biji per buah (**Gambar 5**) menunjukkan bahwa makin tinggi ketinggian tempat maka jumlah biji per buah makin menurun.

Makin tinggi tempat maka morfologi buah kakao makin kecil ukurannya, jumlah biji yang berkembang normal juga menurun. Peranan serangga penyerbuk berpengaruh terhadap keberhasilan penyerbukan, buah hasil penyerbukan serangga mempunyai ukuran, bobot buah, dan jumlah biji lebih besar dibandingkan dengan buah yang terbatas diserbuki serangga (Nugroho *et al*, 2019). Menurut Hoiss *et al* (2012) bahwa jumlah spesies serangga menurun dengan meningkatnya lintang atau ketinggian tempat yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan. Selain itu, tempat yang lebih tinggi dapat memperlambat reproduksi serangga sehingga jumlah generasi dan jumlah populasi serangga cenderung lebih sedikit (Duyck *et al*, 2010).



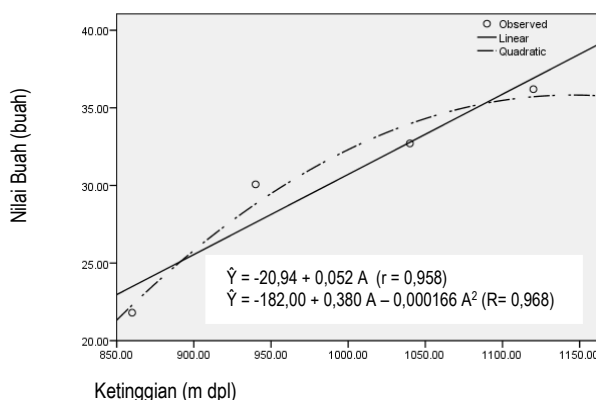
Gambar 5. Hubungan ketinggian tempat dengan jumlah biji per buah

Rata-Rata Bobot Biji.

Ketinggian tempat berpengaruh tidak nyata terhadap rata-rata bobot biji, makin tinggi ketinggian tempat maka rata-rata bobot biji cenderung menurun. Rata-rata bobot biji tertinggi 1,10 g per biji terdapat pada ketinggian tempat 860 m dpl (Tabel 3), mengalami sedikit penurunan pada ketinggian lainnya (940, 1040, dan 1120 m dpl). Menurut Siregar *et al* (2012) bahwa ketinggian tempat yang ideal untuk penanaman kakao adalah <800 m dpl. Penelitian Daymond and Hadley (2008) 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 tetap dalam kisaran nilai yang dapat diterima, antara 25°C dan 29°C merupakan kondisi yang menguntungkan untuk pertumbuhan kakao (Yoroba *et al*, 2019). Keragaman hasil biji per buah salah satunya dipengaruhi oleh faktor lingkungan berupa intensitas cahaya dan temperatur lingkungan.

Nilai Buah dan Rendemen Biji.

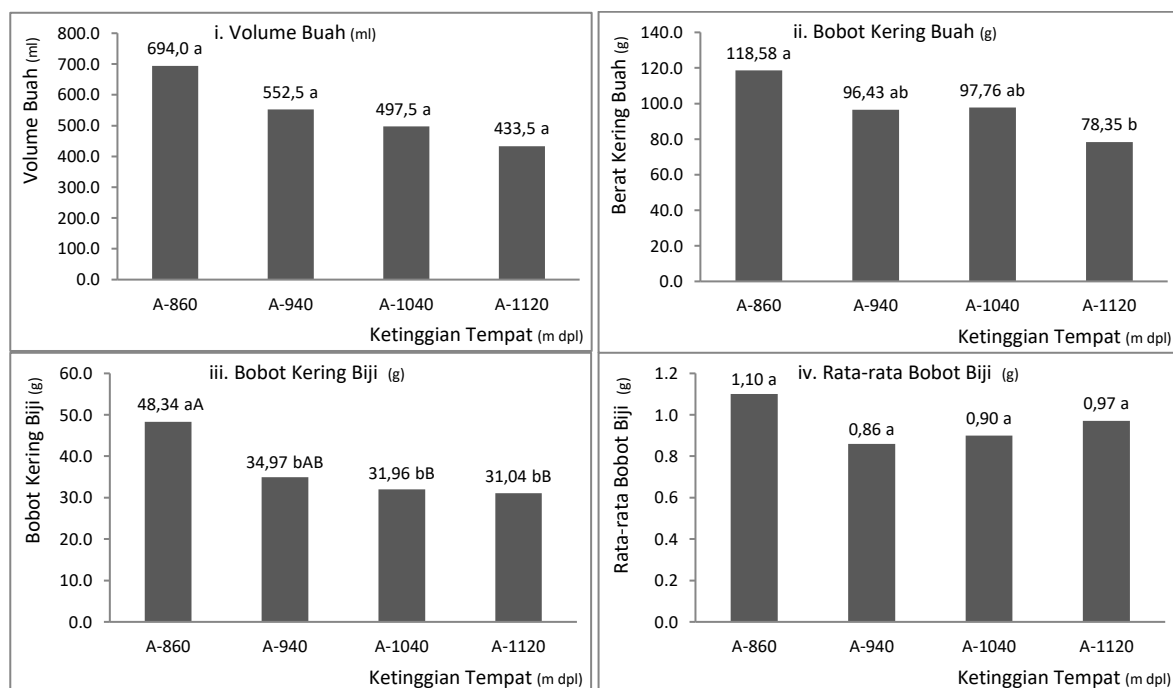
Ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap nilai buah, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap rendemen biji. Nilai buah terbaik 21,8 buah terdapat pada ketinggian 860 m dpl (Tabel 3), berbeda nyata dengan ketinggian 1120 m dpl, tetapi berbeda tidak nyata dengan ketinggian 940 dan 1040 m dpl. Rendemen biji terbaik 41,4 % terdapat pada ketinggian 860 m (Tabel 3) dpl dengan kecenderungan penurunan rendemen biji pada ketinggian yang lebih tinggi. Regresi antara ketinggian tempat dengan nilai buah (Gambar 6) menunjukkan bahwa makin tinggi ketinggian tempat maka nilai buah makin tinggi, artinya jumlah buah semakin banyak diperlukan untuk mendapatkan 1 kg biji kakao kering, dengan kata lain kualitas buah makin menurun. Peningkatan ketinggian tempat dibarengi dengan penurunan temperatur (Fitter dan Hay, 1998) dan penurunan temperatur akan menurunkan akumulasi bahan kering (Taiz and Zeiger, 2002). Curah hujan bulanan berkorelasi dengan produksi kakao, curah hujan juga menentukan kualitas buah kakao biji kakao, dengan curah hujan yang rendah menyebabkan kualitas buah menurun (Santosa *et al*, 2018).



Gambar 6. Hubungan ketinggian tempat dengan nilai buah

Pembahasan Umum.

Karakteristik buah dan biji kakao pada berbagai ketinggian tempat di dataran tinggi Dairi (**Gambar 7**) dipengaruhi oleh perbedaan ketinggian tempat dan kondisi lokasi penanaman. Di dataran tinggi dipengaruhi oleh penurunan temperatur lingkungan dengan meningkatnya ketinggian tempat, selanjutnya mempengaruhi kelembaban dan angin. Hal ini membuat proses metabolisme tanaman menjadi berubah. Menurut Omolaja *et al* (2010) bahwa proses fisiologis dan perkembangan tanaman kakao sangat sensitif terhadap temperatur, sehingga perubahan temperatur lingkungan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi biji kakao. Menurut Yoroba *et al* (2019) bahwa kisaran temperatur yang optimal untuk pertumbuhan dan produksi kakao adalah antara 25-29 °C. Selain itu, perubahan temperatur akan mempengaruhi dinamika populasi serangga, fisiologi, kelimpahan, fenologi, dan distribusi serangga. Temperatur menjadi penting sebagai faktor pembatas yang mempengaruhi segala aktivitas serangga dan memiliki daya adaptasi tertentu dengan lingkungannya. Temperatur menjadi faktor yang relevan yang mempengaruhi aktivitas hama. Serangga memiliki kisaran temperatur tertentu untuk perkembangan dan proses fisiologisnya, dimana pada temperatur tertentu aktivitas serangga tinggi dan akan berkurang (menurun) pada temperatur yang lebih rendah (Thomson *et al*, 2010). Penurunan aktivitas serangga dapat meningkatkan atau menurunkan produksi buah dan biji kakao.



Gambar 7. Buah dan Biji Kakao pada Berbagai Ketinggian Tempat

Korelasi antar Parameter.

Korelasi antar parameter (**Tabel 4**) menunjukkan bahwa ketinggian tempat berkorelasi negatif dengan panjang buah, diameter buah, volume buah, bobot kering buah, bobot kering kolven, bobot kering biji, jumlah biji per buah, rata-rata bobot biji, dan rendemen biji, tetapi berkorelasi negatif dengan nilai buah. Panjang buah berkorelasi kuat ($>0,500$) dengan volume buah, bobot kering buah, bobot kering kolven, dan jumlah biji per buah. Volume buah berkorelasi kuat ($>0,500$) dengan bobot kering buah, bobot kering kolven, bobot kering biji, jumlah biji per buah, rata-rata bobot biji, dan nilai buah. Bobot kering buah berkorelasi kuat ($>0,500$) dengan bobot kering kolven, bobot kering biji, jumlah biji per buah, rata-rata bobot biji, dan nilai buah. Bobot kering biji berkorelasi kuat ($>0,500$) dengan jumlah biji per buah, rata-rata bobot biji, dan nilai buah. Jumlah biji per buah

berkorelasi kuat ($>0,500$) dengan nilai buah. Rendemen biji berkorelasi kuat ($0,500$) dengan bobot kering biji dan rata-rata bobot biji.

Perbedaan ketinggian tempat menyebabkan perbedaan temperatur, radiasi/intensitas penyinaran, tekanan udara, kelembaban (RH) dan curah hujan. Makin tinggi altitude maka radiasi matahari berkurang, temperatur menurun, kelembaban udara makin rendah, dan tekanan udara makin rendah (Koepppe and DeLong, 1958). Ketinggian tempat 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 ($18-21^{\circ}\text{C}$), 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).

Tabel 4. Korelasi Antar Peubah yang Diamati

Peubah	KT	PB	DB	VB	BKB	BKK	BKBj	JBjB	RBBj	NiB
KT	1									
PB	-0.81	1								
DB	-0.72	0.20	1							
VB	-0.97*	0.64	0.86	1						
BKB	-0.92	0.57	0.92	0.96*	1					
BKK	-0.81	0.58	0.81	0.80	0.93	1				
BKBj	-0.88	0.45	0.88	0.97*	0.90	0.67	1			
JBjB	-0.99*	0.82	0.73	0.94	0.94	0.89	0.82	1		
RBBj	-0.42	-0.16	0.77	0.62	0.55	0.26	0.80	0.32	1	
NiB	0.96*	-0.61	-0.87	-1.00**	-0.96*	-0.80	-0.97*	-0.93	-0.65	1
RdB	-0.31	-0.07	0.38	0.45	0.24	-0.13	0.65	0.16	0.85	-0.46

$r_{0,05} = 0.88$

Keterangan :

KT = Ketinggian Tempat	BKK = Bobot Kering Kolven
PB = Panjang Buah	BKBj = Bobot Kering Biji
DB = Diameter Buah	JBjB = Jumlah Biji per Buah
VB = Volume Buah	RBBj = Rata-Rata Bobot Biji
BKB = Bobot Kering Buah	NiB = Nilai Buah
	RdB = Rendemen Biji

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 (Manurung, 1988). 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. Namun demikian, secara agronomis perkembangan buah dan biji dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti bahan tanaman, kondisi lokasi, dan tindakan agronomi. Karakteristik penting dari 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).

Perbedaan altitude menyebabkan perbedaan temperatur, radiasi/intensitas penyinaran, tekanan udara, kelembaban (RH) dan curah hujan. Makin tinggi altitude maka radiasi matahari berkurang, temperatur menurun, kelembaban udara makin rendah, dan tekanan udara makin rendah (Koepppe and DeLong, 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 ($18-21^{\circ}\text{C}$) 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 fisik buah dan biji kakao berhubungan dengan altitude (ketinggian tempat). Di dataran tinggi Dairi pada altitude 860-1.120 m dpl, makin tinggi tempat tumbuh tanaman kakao makin menurun 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, dan rendemen biji. Buah dan biji kakao terbaik terdapat pada ketinggian tempat 860 m dpl dengan panjang buah 18,3 cm, bobot kering buah 118,6 g, bobot kering biji 48,3 g, jumlah biji 43,7 per buah, rata-rata bobot kering 1,10 g per biji, nilai buah 21,8 buah dan rendemen biji 41,4 %. Hasil kakao di dataran tinggi dapat ditingkatkan melalui teknik budidaya yang lebih baik khususnya pemupukan.

Daftar Pustaka

- BPS. 2024. Statistik Kakao Indonesia 2023 (*Indonesia Cocoa Statistics 2023*). Volume 8, 2024
- Mulyo, P.R. dan Y. Hariyati. 2020. Dinamika Perkembangan Perkebunan Kakao Rakyat di Indonesia. *Agriekonomika*. 9(1):48-60.
- 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. 2013. *Ecophysiology of Tropical Crops*. Academic Press: New York - San Fransisco - London: 520p.
- 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.
- Duyck, P.F., N.A. Kouloussis, N.T. Papadopoulos, S. Quilici, J.L. Wang, C.R. Jiang and H.G. Muller. 2010. Lifespan of a Ceratitis Fruit Fly Increases with Higher Altitude. *Biological Journal of the Linnean Society* 101:345-350.
- Farhanandi, B.W. dan N.K. Indah. 2022. Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda. *LenteraBio* Vol. 11 (2) : 310-325.
- Fitter, A. H. dan R.K.M. Hay. 1998. Fisiologi Lingkungan Tanaman. (Penerjemah: Sri Andani dan E.D. Purbayanti), UGM-Press, Jakarta:203-235.
- 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. 2020. Kabupaten Humbang Hasundutan Dalam Angka (*Humbang Hasundutan Regency in Figures*) 2019. Badan Pusat Statistik Kabupaten Humbang Hasundutan, Sumatera Utara.
- Hoiss, B., J. Krauss, S.G. Potts, S. Roberts and D.I. Steffan. 2012. Altitude Acts as an Environmental Filter on Phylogenetic Composition, Traits and Diversity in Bee Communities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1746), 4447-4456.
- 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.

- Khairudin, K., F.M. Saty dan D. Supriyatdi. 2015. Analisis Faktor-faktor Adopsi Metode PsPSP pada Penanggulangan Hama Penggerek Buah Kakao (PBK) di Pekon Kuripan. *J Agro Industri Perkebunan* : 3(1): 34-46.
- Koepppe, C.E. and G.C. DeLong. 1958. *Weather and Climate*. McGraw Hill Book Company Inc. NewYork-Toronto-London:35,148.
- Maemunah dan E. Adelina. 2009. Lama Penyimpanan dan Invigorasi terhadap Vigor Bibit Kakao (*Theobroma cacao*. L). *Media Litbang Sulteng* 2(1): 56- 61.
- Manurung, P. 1988. *Makalah Management Produksi Coklat*, Lembaga Pendidikan Perkebunan Kampus Medan, Medan.
- Matanari, A. 2019. Kabupaten Dairi dalam Angka (*Dairi Regency in Figures*) 2019. Badan Pusat Statistik Kabupaten Dairi, Sumatera Utara.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1978. *Principles of Plant Nutrition*. Editors: International Potash Intitute, P.O. Box, CH-3048 Worblaufen-Bern/Switzerland.
- 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. Oyedeki 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.
- Rubiyo, R. dan S. Siswanto. 2012. Peningkatan Produksi dan Pengembangan Kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia. *Buletin RISTRI*, 3(1) 2012.
- Santosa, A.E., Sakti, A.G.P., Fattah, B.M.Z., Zaman, A.S. and Wachjar, A.A. 2018. Cocoa Production Stability in Relation to Changing Rainfall and Temperature in East Java, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science Vol*, 5(1).
- Santoso, S. 2000. SPSS (Statistical Product and Service Solutions). Penerbit PT. Elex Media Komputindo, Jakarta:432 hal.
- 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., A. Benauli, P. Sitanggang dan F.A. Zagoto. 2023. Karakteristik Buah dan Biji Kakao (*Theobroma cacao* L) pada Berbagai Altitude di Dataran Tinggi Samosir. *Agrosustain*, 1(2):50-61.
- Sormin, G. 2012. *Tapanuli Utara Dalam Angka 2012*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara.
- Sukandarrumidi. 2006. *Metodologi Penelitian Petunjuk Praktis Untuk Peneliti Pemula*. Gajah Mada Univeristy Press. Yogyakarta.
- Susanto, I.F. 2011. *Tanaman Kakao Budidaya dan Pengolahan Hasil*. Kanisius. Yogyakarta.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates.
- Thomson, L.J., Macfadyen, S. and Hoffmann, A.A. 2010. Predicting the Effects of Climate Change on Natural Enemies of Agricultural Pests. *Biological control*, 52(3), 296-306.
- Tim Bina Karya Tani. 2010. *Pedoman Bertanam Cokelat*. CV Yrama Widya. Bandung.
- Tjasadihardja, A. 1980. *Beberapa Proses Fisiologi Utama Penentu Produksi Tanaman Cokelat*. Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor, 11hal.
- 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*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wahyudi, T., T.R. Panggabean dan Pujiyanto. 2008. *Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- 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.