

DISTRIBUSI UNSUR KELUMIT ESSENSIAL (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni) DALAM BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) DARI DAERAH PERKEBUNAN DAN DAERAH PESISIR DI LUWU TIMUR

DISTRIBUTION OF ESSENTIAL TRACE ELEMENTS (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni) IN COCOA BEANS (*Theobroma cacao* L.) FROM PLANTATION AREA AND COASTAL AREA IN EAST LUWU

INA OKTAVIANI SIMANJUNTAK



PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



**DISTRIBUSI UNSUR KELUMIT ESSENSIAL (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni)
DALAM BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) DARI DAERAH
PERKEBUNAN DAN DAERAH PESISIR DI LUWU TIMUR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Magister Kimia

Disusun dan diajukan oleh

INA OKTAVIANI SIMANJUNTAK

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



TESIS

DISTRIBUSI UNSUR KELUMIT ESENSIAL (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni) DALAM BIJI
KAKAO (*Theobroma Cacao* L) DARI DAERAH PERKEBUNAN DAN
DAERAH PESISIR DI LUWU TIMUR

Disusun dan diajukan oleh:

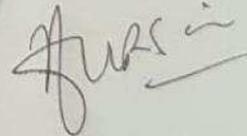
INA OKTAVIANI SIMANJUNTAK
Nomor Pokok : H012171020

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 23 Mei 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Penasehat

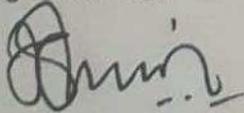


Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc
Ketua



Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc
Anggota

Ketua Program Studi
Magister Kimia,



Nah Natsir, M.Si

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin,



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Ina Oktaviani Simanjuntak
Nomor Mahasiswa : H012171020
Program Studi : Magister Kimia

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Mei 2019
Yang menyatakan

Ina Oktaviani Simanjuntak



PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus karena atas rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan hasil penelitian yang berjudul “**Distribusi Unsur Kelumit Essensial (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni) dalam Biji Kakao (*Theobroma Cacao* L.) dari Daerah Perkebunan dan Daerah Pesisir di Luwu Timur.**”

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin, M.Sc, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin
2. Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc, selaku ketua komisi penasihat yang telah mencurahkan seluruh perhatian, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis,
3. Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc, selaku komisi penasehat yang telah mencurahkan seluruh bimbingan dan motivasinya selama proses penyusunan tesis.
4. Prof. Dr. Ahyar Ahmad, Dr. Maming, M.Si dan Dr. Siti Fauziah, M.Si, selaku komisi penilai, terima kasih atas masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan penulisan tesis,
5. Dr. Hasna Natsir, M.Si selaku ketua program pascasarjana kimia terimakasih atas motivasi dan bantuannya,



6. Dr. Paulina Taba, M.Phil selaku pembimbing akademik, terima kasih masukan dan bantuannya selama proses kuliah,
7. Dekan Fakultas MIPA, Ketua Jurusan Kimia FMIPA dan seluruh dosen Kimia pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah membagi ilmunya serta seluruh staf Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya,
8. Kepala Laboratorium dan seluruh Staff Laboratorium FMIPA Universitas Hasanuddin, dan Laboratorium forensik Makassar, terima kasih atas segala bantuan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian,
9. Kepala Pusdiklat Industri Kementerian Perindustrian atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk memperoleh beasiswa dalam menyelesaikan program Pascasarjana,
10. Bapak Sahar beserta keluarga dan teman-teman di desa Tarengge, kecamatan Wotu, kabupaten Luwu Timur atas bantuannya dalam penyiapan bahan penelitian (Tanah dan buah kakao),
11. Ayahanda Junjungan Simanjuntak, Ibunda (+) Juliani, dan Saudaraku, Ima Oktaviana Simanjuntak dan Tolhas Pascal Simanjuntak atas dukungan yang berlimpah-limpah baik berupa materi, doa, dan kasih sayang,
12. Kepala, Kasubag Tata Usaha, Wakasek Bidang Hubungan Kerja Sama, dan seluruh rekan-rekan pegawai SMK-SMAK Makassar yang telah memberikan dukungan selama proses perkuliahan penulis berlangsung,



13. Rekan penelitian, Yunita Pare Rombe, atas segala dukungan dan kerja sama yang telah diberikan selama proses penelitian dan penyusunan tesis berlangsung,
14. Teman-teman seperjuangan Pascasarjana Kimia UNHAS 2017: Andi Citra J., Rizal Irfandi, Ayu Safitri A., Sri Wahyuni, Mutmainnah, Riswandi, Nut Asmi, Nur Faiizah A., Ita Hasmila, Miftahul Jannah, Yunita Pare R., Muhammad Arham Y., Zulkifli I. Tuara, Abdul Fattah, Fatimah, Andi Tenri S., Akhmad Rifai, terima kasih atas dukungan dan semangat yang telah diberikan.
15. Bapak Pdt. Andreas Supratman, Ev. Grace Jaffry, beserta seluruh rekan-rekan Kompa, dan Guru SM GKI Gratia atas segala dukungan moril dan doa yang telah diberikan,
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu semoga Tuhan senantiasa membalas dengan berkat yang berlipat ganda.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi penulis guna memperbaiki penelitian dan penulisan pada kesempatan mendatang.

Akhir kata penulis mengharapkan tesis ini dapat bermanfaat bagi berkembangnya ilmu pengetahuan.

Makassar, Mei 2019

Penulis

Ina Oktaviani Simanjuntak



ABSTRAK

INA OKTAVIANI SIMANJUNTAK: Distribusi Unsur Kelumit Esensial (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni) Dalam Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Dari Perkebunan dan Daerah Pesisir Di Luwu Timur.

(Dibimbing oleh: Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc dan Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc)

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis kandungan unsur kelumit esensial pada tanah dan biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan dan daerah pesisir pada sentra kakao di Luwu Timur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan kandungan unsur kelumit esensial dalam biji kakao dan potensinya sebagai bahan baku produk pangan yang dapat menyumbang kebutuhan nutrisi tubuh. Kandungan unsur kelumit esensial dalam sampel dianalisis dengan metode destruksi kering dan diukur menggunakan Inductively Coupled Plasma (ICP). Hasil penelitian menunjukkan jenis unsur kelumit esensial dalam biji kakao dari daerah perkebunan dan daerah pesisir adalah besi (Fe), mangan (Mn), nikel (Ni), seng (Zn), dan tembaga (Cu). Pada daerah perkebunan nilai rata-rata kandungan Fe, Mn, Ni, Zn, dan Cu masing-masing adalah 2,022; 1,571; 1,478; 5,829; 3,009 mg/100 g. Untuk daerah pesisir nilai rata-rata kandungan Fe, Mn, Ni, Zn, dan Cu masing-masing adalah 3,990; 6,330; 2,443; 5,918; 2,316 mg/100 g. Berdasarkan data kandungan unsur kelumit esensial menunjukkan bahwa biji kakao daerah perkebunan dan daerah pesisir dapat digunakan sebagai bahan baku produk pangan yang dapat menyumbang kebutuhan nutrisi tubuh.

Kata kunci: unsur kelumit esensial, pesisir, perkebunan, nutrisi.



ABSTRACT

INA OKTAVIANI SIMANJUNTAK: *Distribution of Essential Trace Elements (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni) in Cocoa Beans (Theobroma cacao L.) from Plantation Area and Coastal Area in East Tuwu.*
(Dibimbing oleh: Prof. Dr. Alfian Noor, M.Sc dan Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc)

This research was analyzed contents of essential trace elements in the soil and cocoa beans from plantation area and coastal area at the cocoa center in East Luwu. The purpose of this study was to determine the type and content of essential trace elements in cocoa beans and their potential as raw material for food products that meet the body's nutritional adequacy. The content of essential trace elements in the sample was analyzed using dry ash method and measured using Inductively Coupled Plasma (ICP). The results showed that the types of essential trace elements in cocoa beans from plantation areas and coastal areas were iron (Fe), manganese (Mn), nickel (Ni), zinc (Zn), and copper (Cu). In the plantation area average content of Fe, Mn, Ni, Zn, and Cu were 2,022; 1,571; 1,478; 5,829; 3,009 mg/100 g of cocoa respectively. Whereas in coastal area average content of Fe, Mn, Ni, Zn, and Cu were 3,990; 6,330; 2,443; 5,918; 2,316 mg/100 g of cocoa respectively. Based on analysis data of essential trace elements, it shows that cocoa beans in plantation and coastal areas can be used as raw material for food products that can contribute to the body's nutritional needs.

Keywords: essential trace elements, coastal, plantations, nutrition.



DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Theobroma	7
B. Kakao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	7
C. Persyaratan mutu kakao(<i>Theobroma cacao L.</i>)	9
D. Persyaratan tumbuh tanaman kakao(<i>Theobroma cacao L.</i>)	12
E. Unsur kelumit esensial	13



F. Perbedaan unsur kelumit dalam tanah pada suatu lingkungan	19
G. Distribusi unsur kelumit dalam tumbuhan	23
H. Daerah pesisir	26
I. Teknik destruksi	27
J. <i>Inductively Coupled Plasma</i> OES	29
K. Kerangka fikir dan hipotesis	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan lokasi penelitian	35
B. Alat dan bahan	35
C. Prosedur penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Kandungan unsur kelumit esensial pada daerah perkebunan dan daerah pesisir	38
B. Penyerapan unsur kelumit esensial dari tanah tempat tumbuh ke dalam biji kakao	46
C. Kecukupan unsur kelumit esensial dalam biji kakao sebaga bahan baku produk pangan	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	59
B. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR ISI



DAFTAR TABEL

nomor	halaman
1. Syarat umum standar mutu biji kakao	10
2. Syarat khusus standar mutu biji kakao	11
3. Enzim yang mengandung ion logam sebagai kofaktornya	14
4. Angka kecukupan gizi unsur kelumit esensial	15
5. Unsur kelumit di berbagai lingkungan pelapukan	22
6. Hasil analisis tingkat unsur kelumit tumbuhan kakao di Pantai Gading	25



DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
1. Diagram siklus umum unsur kelumit dalam tanah	20
2. Komponen Penyusun ICP-OES	32
3. Diagram alir kerangka teori penelitian	33
4. Histogram kandungan unsur kelumit esensial dalam tanah pada daerah perkebunan dan daerah pesisir	38
5. Histogram kandungan unsur kelumit esensial dalam biji kakao pada daerah perkebunan dan daerah pesisir	40
6. Histogram nilai TF Unsur Kelumit Esensial dari tanah tempat tumbuh ke biji kakao pada daerah Perkebunan dan Daerah Pesisir	47



DAFTAR LAMPIRAN

nomor	halaman
1. Bagan kerja	67
2. Dokumentasi sampling	71
3. Dokumentasi preparasi sampel	73
4. Data Penimbangan	76
5. Perhitungan	77
6. Data analisis kandungan unsur kelumit esensial dalam tanah dan kakao	79
7. Data nilai faktor translokasi unsur kelumit esensial dari tanah tempat tumbuh ke biji kakao	81
8. Data pH tanah	81
9. Dokumentasi hasil analisis ICP	82



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
%	Persen
°C	Derajat celcius
pH	Derajat keasaman
m	Meter
mdpl	Meter diatas permukaan laut
SNI	Standar Nasional Indonesia
ppm	part per milion
mg	Miligram
Kg	Kilogram
KTK	Kapasitas Tukar Kation
LS	Lintang Selatan
LU	Lintang Utara
TF	Transocation Factor
ICP	Inductively Coupled Plasma
Rf	frekuensi radio
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectroscopy
AKG	Angka Kecukupan Gizi
Hb	Hemoglobin
	Berat badan



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu famili *Sterculiaceae* dari genus *Theobroma*, berasal dari Amazone dan daerah-daerah tropis lainnya di Amerika Tengah dan Amerika Selatan (Soenariyo, dkk. 2005). Indonesia merupakan produsen kakao terbesar ketiga setelah Pantai Gading dan Ghana. Ditinjau dari segi kualitas, kakao Indonesia tidak kalah dengan kakao dunia dimana bila dilakukan fermentasi dengan baik dapat mencapai cita rasa setara dengan kakao yang berasal dari Ghana. Selain itu, kakao Indonesia mempunyai kelebihan yaitu tidak mudah meleleh sehingga cocok untuk *blending* (Pusdatin Kementan, 2016).

Peluang pasar kakao Indonesia cukup terbuka baik ekspor maupun kebutuhan dalam negeri. Komoditi biji kakao Indonesia selain untuk memenuhi kebutuhan konsumen dalam negeri juga diekspor ke luar negeri, antara lain ke USA, Eropa, Singapore dan Australia (Yusriana dan Jaya, 2016). Peranan strategis komoditi kakao tersebut telah menjadi daya tarik bagi pengembangan penelitian dewasa ini, khususnya terkait nutrisi dalam biji kakao. Biji kakao merupakan sumber nutrisi yang sangat kaya akan

...al esensial (Cinquanta, dkk., 2016). Mineral adalah komponen dari ...a jaringan tubuh dan ditemukan dalam jumlah besar pada tulang, gigi ...kuku. Mineral secara umum diklasifikasikan menjadi dua, yaitu makro



dan mikro (unsur kelumit). Mineral sangat penting untuk keperluan proses metabolisme tubuh (Soetan, dkk., 2010).

Kandungan mineral makro dan unsur kelumit esensial yang terdapat dalam biji kakao telah diteliti dengan menganalisis sampel yang berasal dari 23 titik lokasi negara penghasil kakao. Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan bahwa mineral yang paling melimpah kandungannya adalah kalium (K) yaitu sebesar 10 g/kg. Selanjutnya, untuk fosfor (P), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca) diperoleh hasil konsentrasi mulai dari 10 mg/kg hingga 1 g/kg. Sedangkan untuk konsentrasi aluminium (Al) dan besi (Fe) adalah antara 1 g/kg dan 100 mg/kg. Unsur seng (Zn), rubidium (Rb), mangan (Mn), boron (B), tembaga (Cu), natrium (Na) dan stronsium (Sr) semuanya hadir di konsentrasi antara 10 mg/kg dan 100 mg/kg (Bertoldi, dkk., 2016).

Penelitian lainnya yang telah dilakukan pada enam titik lokasi penghasil kakao di Pantai Gading menunjukkan bahwa kakao mengandung unsur kelumit esensial seperti zat besi (Fe), tembaga (Cu) dan seng (Zn) masing-masing sebesar 9,71, 3,12 dan 4,42 mg/100 g. Sedangkan untuk kandungan mineral makro esensial, didapatkan hasil kandungan kalium (K), fosfor (P) dan magnesium (Mg) masing-masing sebesar 637, 623, dan 304 mg/100 g (Laine, dkk., 2015).

Penelitian terhadap kandungan mineral makro dan unsur kelumit esensial telah dilakukan di negara-negara penghasil kakao dengan basis pada unsur kepentingan mineral esensial dalam kakao sebagai



sumber nutrisi dalam produk pangan hasil olahan kakao. Namun umumnya untuk perkebunan kakao di Indonesia belum memiliki data tersebut. Perkembangan penelitian mutu kakao di Indonesia masih banyak pada aspek fisik dan sensorik biji kakao serta analisis kandungan cemaran logam berat.

Kandungan unsur kelumit esensial sendiri dapat bervariasi di dalam biji kakao yang disebabkan karena beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah proses pemupukan, asal genetik, faktor musiman atau tahunan, kondisi panen, penyimpanan, pengolahan dan pencemaran lingkungan (Guldas, 2008). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan adanya perbedaan sebaran unsur kelumit esensial di setiap daerah. Hal ini dipengaruhi oleh letak geografis, kelembapan, keasaman, dan unsur organik yang terkandung (Hicsonmez, dkk., 2012).

Salah satu sentra produksi kakao terbesar di Indonesia terdapat di Kabupaten Luwu Timur dengan penghasilan 10.222 ton pada tahun 2014 (Pusdatin Kementan, 2016). Lahan perkebunan kakao di Luwu Timur paling tidak terdapat 2 jenis lahan yang diupayakan sebagai area perkebunan yaitu daerah perkebunan yang dari awal memang digunakan sebagai lahan kebun dan lokasi perkebunan di daerah pesisir. Lokasi lahan daerah perkebunan dan daerah pesisir memiliki perbedaan sebaran kandungan

nutrisi pada tanah. Adapun karakteristik untuk tanah yang berada di pesisir memiliki kadar mineral sukar lapuk relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral mudah lapuk (Khusrizal, 2012). Mineral sukar lapuk adalah mineral



yang sulit melapuk seiring dengan proses pembentukan tanah, sedangkan mineral mudah lapuk merupakan mineral yang dapat melapuk dan melepaskan unsur-unsur penyusunnya ke dalam tanah pada saat proses pembentukan tanah (Pramuji, dkk, 2009).

Teknik analisis penentuan kandungan unsur kelumit secara simultan dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Aplikasi alat ICP dapat digunakan pada banyak kategori seperti pada pertanian dan makanan, biologi dan klinik, geologi, air dan lingkungan, logam, dan bahan organik. Berdasarkan pemaparan di atas maka pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang distribusi kandungan unsur kelumit pada biji kakao dari perkebunan kakao daerah perkebunan dengan daerah pesisir di Luwu Timur menggunakan ICP-OES. Pemilihan ICP-OES dikarenakan pengukuran cukup selektif dan dapat digunakan untuk menentukan beberapa unsur secara simultan dalam sampel.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. apakah terdapat unsur kelumit esensial (Fe, Mn, Cu, Ni, Zn) yang terkandung dalam biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan dan daerah pesisir di Luwu Timur?

berapa kandungan unsur kelumit esensial dalam biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan dan daerah pesisir di Luwu Timur?



3. apakah kandungan unsur kelumit esensial dalam biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan dan daerah pesisir di Luwu Timur memenuhi standar untuk menjadi bahan baku produk pangan yang dapat menyumbang kebutuhan nutrisi tubuh ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. menentukan unsur kelumit esensial (Fe, Mn, Cu, Ni, Zn) yang terkandung dalam biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan dan daerah pesisir di Luwu Timur,
2. menghitung kandungan unsur kelumit esensial dalam biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan dan daerah pesisir di Luwu Timur,
3. mempelajari potensi biji kakao pada daerah perkebunan dan daerah pesisir di Luwu Timur sebagai bahan baku produk pangan yang dapat menyumbang kebutuhan nutrisi tubuh.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. menambah pengetahuan dan informasi ilmiah tentang distribusi kandungan unsur kelumit esensial yang terdapat dalam biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan dan daerah pesisir di Luwu Timur
2. memberikan informasi terhadap kandungan nutrisi dari biji kakao sebagai referensi untuk industri hilir kakao.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Theobroma*

Theobroma adalah genus tanaman berbunga dalam keluarga mallow, *Malvaceae*, yang kadang-kadang diklasifikasikan sebagai anggota *Sterculiaceae*. Genus ini berisi sekitar 22 spesies yang diklasifikasikan ke dalam enam kelompok, berasal dari hutan tropis Amerika Tengah dan Selatan (Silva, dkk., 2004)

B. Kakao (*Theobroma cacao* L)

Kakao merupakan satu-satunya dari 22 jenis marga *Theobroma*, suku *Sterculiaceae*, yang diusahakan secara komersial dan hanya spesies jenis ini yang cocok diolah menjadi coklat (Thompson, dkk., 2011). Buah kakao terdiri dari tiga komponen utama, yaitu kulit buah (70% berat buah masak), biji (27-29% berat buah masak) dan plasenta yang merupakan pengikat dari 30-40 biji. Permukaan biji dilapisi pulp berwarna putih dan bila matang mempunyai biji yang diselimuti pulp yang lunak dan terasa manis (Misnawi, 2008). Sistematika tanaman kakao adalah sebagai berikut: (Syakir, 2010)

Divisio : Spermatophyta
 Subdivisio : Angioospermae
 Kelas : Dicotyledoneae
 Ordo : Malvales



Familia : Sterculiaceae
Genus : Theobroma
Spesies : *Theobroma cacao L.*

Beberapa sifat (penciri) dari buah dan biji digunakan dasar klasifikasi dalam sistem taksonomi. Biji kakao dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok genetik, yaitu forastero, criollo, dan trinitario. Forastero ditandai dengan warna kotiledon ungu yang merupakan warna khas dari senyawa antosianin dalam biji kakao, criollo dengan warna kotiledon putih, dan trinitario yang merupakan keturunan dari forastero dan criollo. Ketiga jenis kakao tersebut dikembangkan di Indonesia (Martono, 2014).

Adapun sifat dari kakao criollo adalah pertumbuhannya kurang kuat, daya hasil lebih rendah, dan relatif gampang terserang hama dan penyakit dibandingkan kakao forastero. Selain itu, kakao criollo memiliki kadar lemak yang lebih rendah serta masa fermentasi yang lebih singkat dibandingkan kakao forastero (Susanti, 2013). Untuk Indonesia sendiri, kakao dikenal dengan dua jenis, yaitu kakao mulia yang berasal dari varietas criollo dan kakao lindak berasal dari varietas forastero dan trinitario (Arham, 2016).

Jenis tanaman kakao yang diusahakan sebagian besar adalah jenis kakao lindak dengan sentra produksi utama adalah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Tengah. Di samping itu juga diusahakan kakao mulia oleh perkebunan besar negara di Jawa Timur dan Jawa Tengah. Kakao lindak (bulk) yang telah tersebar luas di daerah tropika memiliki anggota sub jenis *sphaerocarpum*. Bentuk bijinya lonjong, pipih dan



keping bijinya berwarna ungu gelap. Permukaan kulit buahnya relatif halus karena alur-alurnya dangkal dan kulit buah tipis tetapi keras (liat) (Dirjen Perkebunan, 1993).

Kakao merupakan sumber makanan yang kaya akan senyawa-senyawa bioaktif, terutama polifenol yang mempunyai khasiat sebagai antioksidan dan antimikroba. Selain kaya akan senyawa bioaktif, biji kakao juga kaya akan mineral. Pada penelitian yang dilakukan Grembecka (2012) menyatakan dalam biji kakao mengandung kelimpahan makroelement esensial berturut-turut kalium (K), fosfor (P), magnesium (Mg) dan Kalsium (Ca), serta mikroelement utama yaitu zat besi (Fe). Penentuan kandungan unsur kelumit pada enam titik lokasi yang berbeda di Negara Pantai Gading menunjukkan bahwa kandungan unsur kelumit besi (Fe) dalam kakao ditemukan dalam jumlah lebih besar dibandingkan unsur kelumit tembaga (Cu) dan seng (Zn) (Laine, 2015).

C. Persyaratan Mutu Kakao (*Theobroma cacao* L)

Mutu biji kakao menjadi bahan perhatian oleh konsumen, dikarenakan biji kakao digunakan sebagai bahan baku makanan atau minuman. Pada akhir tahun 2011, biji kakao yang diperdagangkan harus memenuhi SNI 01-2323-2008 tentang standar mutu biji kakao. SNI

atur penggolongan mutu biji kakao kering maupun persyaratan umum

hususnya guna menjaga konsistensi mutu biji kakao yang dihasilkan

anti, 2017).



Standar mutu diperlukan sebagai sarana untuk pengawasan mutu. Setiap bagian biji kakao yang akan diekspor harus memenuhi persyaratan standar mutu dan diawasi oleh lembaga yang ditunjuk. Standar ini meliputi definisi, klasifikasi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, syarat penandaan (labelling), cara pengemasan dan rekomendasi. Syarat umum biji kakao yang akan diekspor ditentukan atas dasar ukuran biji, tingkat kekeringan dan tingkat kontaminasi benda asing. Ukuran biji dinyatakan dalam jumlah biji per 100 g biji kakao kering (kadar air 6 - 7 %). Di bawah ini adalah Tabel syarat umum dan khusus mutu biji kakao yang diatur dalam SNI 2323:2008.

Tabel 1. Syarat umum standar mutu biji kakao (BSN, 2008)

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
Serangga Hidup	-	tidak ada
Kadar air	% fraksi massa	maks. 7,5
Biji berbau asap dan hammy dan atau berbau asing	-	tidak ada
Kadar benda asing	-	tidak ada

Salah satu permasalahan mutu kakao Indonesia yang masih rendah adalah disebabkan oleh penanganan pascapanen yang belum dilakukan dengan baik dan benar. Secara teknis operasional, keragaman mutu kakao

disebabkan oleh minimnya sarana penerapan teknologi budidaya dan pengolahan, serta lemahnya pengawasan mutu pelaksanaan proses produksi kakao rakyat. Oleh karena itu pengawasan dan pemantauan pada



setiap tahapan proses mestinya dilakukan secara rutin agar tidak terjadi penyimpangan mutu (Munarso, dkk., 2016).

Tabel 2. Syarat khusus standar mutu biji kakao (%) (BSN, 2008)

Jenis Mutu		Persyaratan				
Kakao Mulia (<i>Fine Cocoa</i>)	Kakao Lindak (<i>Bulk Cocoa</i>)	Kadar Biji Berjamur (biji/biji)	Kadar Biji <i>Slaty</i> (biji/biji)	Kadar Biji Berseranga (biji/biji)	Kadar Kotoran <i>Waste</i> (biji/biji)	Kadar Biji berkecambanga (biji/biji)
I – F	I - B	Maks. 2	Maks. 3	Maks. 1	Maks. 1,5	Maks. 2
II – F	II - B	Maks. 4	Maks. 8	Maks. 2	Maks. 2,0	Maks. 3
III – F	III - B	Maks. 4	Maks.20	Maks. 2	Maks. 3,0	Maks. 3

Angka persyaratan yang tercantum pada Tabel 2 merupakan % bobot/bobot terhadap sampel biji kakao dengan penggunaan bobot sampel sesuai dengan petunjuk teknis yang telah dipersyaratkan dalam SNI 2323:2008. Sebagai contoh untuk kadar biji pecah dinyatakan dalam presentase bobot per bobot dalam 100 g sampel dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{(M2 - M1)}{M0} \times 100\%$$

Keterangan :

M0 = bobot contoh uji, dinyatakan dalam gram;

M1 = bobot kaca arloji/cawan kosong, dinyatakan dalam gram;

M2 = bobot kaca arloji/cawan dan biji pecah, dinyatakan dalam gram.

Persyarat Tumbuh Tanaman Kakao (*Theobroma cacao*, L)

Kakao merupakan tanaman tahunan yang memerlukan lingkungan yang sesuai untuk dapat memproduksi secara baik. Lingkungan alami kakao



adalah hutan hujan tropis. Di daerah itu suhu udara tahunan tinggi dengan variasi kecil, curah hujan tahunan tinggi dengan musim kemarau pendek, kelembapan udara tinggi, dan intensitas cahaya matahari rendah (Dirjen Perkebunan, 1993). Ditinjau dari wilayah penanamannya, kakao ditanam pada daerah-daerah yang berada pada 10° LU-10° LS. Namun demikian penyebaran kakao umumnya berada di antara 7° LU-18° LS. Hal ini erat kaitannya dengan distribusi curah hujan dan jumlah penyinaran matahari sepanjang tahun. Kakao juga masih toleran pada daerah 20° LU-20° LS. Indonesia yang berada pada 5° LU-10° LS masih sesuai untuk pertanaman kakao (Syakir, 2010).

Seperti tanaman pertanian lainnya, kakao dapat berproduksi tinggi dan menguntungkan jika diusahakan pada lingkungan yang sesuai. Salah satu persyaratan tumbuh yang diperlukan oleh tumbuhan secara umum adalah kondisi tanah yang subur. Kesuburan tanah dapat dievaluasi melalui pendekatan dengan analisis tanah atau uji tanah. Parameter kesuburan tanah paling tidak mencakup lima parameter sebagaimana tercantum dalam penelitian Prabowo, 2018, meliputi Kapasitas Tukar Kation (KTK); Kejenuhan Basa (KB); C-organik; kadar P dan K total tanah yang diuji sesuai petunjuk teknis evaluasi kesuburan tanah.

Secara khusus beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kakao adalah :

Curah hujan.

Distribusi curah hujan sepanjang tahun adalah 1.100-3.000 mm per tahun. Curah hujan yang melebihi 4.500 mm per tahun kurang baik



karena berkaitan erat dengan serangan penyakit busuk buah. Daerah yang curah hujannya lebih rendah dari 1.200 mm per tahun masih dapat ditanami kakao, tetapi dibutuhkan air irigasi.

2. Keadaan tanah.

Tanaman kakao dapat tumbuh sampai ketinggian tempat maksimum 1200 m dpl, ketinggian tempat optimum adalah 1-600 m dpl dengan kemiringan lereng maksimum 40°. Selain itu, kakao memerlukan tanah dengan struktur kasar yang berguna untuk memberi ruang agar akar dapat menyerap nutrisi yang diperlukan sehingga perkembangan sistem akar dapat optimal. Tanaman kakao dapat tumbuh dengan baik pada kondisi kemasaman tanah (pH) optimum sebesar 6,0-6,5; tidak lebih tinggi dari 8 serta tidak lebih rendah dari 4 (Desiana, 2013).

E. Unsur Kelumit Esensial

Pada manusia, mineral esensial dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan banyaknya, yaitu mineral makro dan mikro. Mineral makro diperlukan atau terdapat dalam jumlah relatif besar, meliputi kalsium (Ca), fosfor (P), kalium (K), natrium (Na), klor (Cl), sulfur (S), dan magnesium (Mg). Mineral mikro (unsur kelumit) esensial ialah mineral yang diperlukan

dalam jumlah sangat sedikit dan umumnya terdapat dalam jaringan dengan konsentrasi sangat kecil, yaitu besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn), Kobalt (Co), Iodium (I), dan Selenium (Se) (Arifin, 2008). Salah satu



peranan mineral esensial yang cukup penting adalah mengaktifkan sejumlah reaksi enzimatik pada metabolisme tubuh. Beberapa mikro esensial seperti Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} berikatan sangat kuat dengan enzim dan membentuk metaloenzim (Utami, 2010).

Metaloenzim adalah penyebutan untuk group enzim yang didalamnya terdapat ion logam sebagai bagian integral dalam strukturnya (Arya, 2019). Adapun fungsi ion logam ini dalam struktur enzim diantaranya adalah menjadi pusat katalis primer, menjadi tempat untuk mengikat substrat, dan sebagai stabilisator supaya enzim tetap aktif (Utami, 2010). Beberapa contoh enzim yang memerlukan ion logam sebagai kofaktornya dapat terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Enzim yang mengandung ion logam sebagai kofaktornya (Arya, 2019).

Ion Logam	Enzim
Fe^{2+}	Katalase Peroksidase
Mn^{2+}	Arginase Piruvat karboksilase
Zn^{2+}	Thermolysin Alkohol dehidrogenase
Cu^{2+}	Superoksida dismutase Sitokrom c oksidase

Berikut pemaparan peranan beberapa unsur kelumit esensial dalam tubuh (Siska, 2011):

Besi (Fe).

Besi merupakan unsur kelumit esensial yang paling banyak terdapat di dalam tubuh manusia. Besi mempunyai beberapa fungsi esensial di



dalam tubuh yaitu sebagai alat angkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh, sebagai alat angkut elektron di dalam sel dan sebagai bagian terpadu berbagai reaksi enzim di dalam jaringan tubuh.

2. Tembaga (Cu).

Tembaga merupakan unsur esensial yang bila kekurangan dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan hemoglobin. Tembaga dianggap sebagai zat gizi esensial pada tahun 1928, ketika ditemukan bahwa anemia hanya dapat dicegah bila tembaga dan besi keduanya ada di dalam tubuh dalam jumlah cukup.

3. Seng (Zn).

Mineral seng berperan pada beberapa kegiatan metabolisme dalam tubuh manusia. Sejumlah 70 macam enzim metal memerlukan mineral seng agar dapat berfungsi, termasuk diantaranya enzim-enzim karbonik anhidrase, alkalinfosfatase, laktat dehidrogenase dan karboksipeptidase. Selain berfungsi dalam mengatur aktifitas enzim, mineral seng berperan pula dalam metabolisme asam nukleat dan sintesis protein.

Pada tumbuhan dan tanaman, unsur kelumit esensial umumnya proporsi kandungannya diberikan dalam *part per million* (ppm). Penggunaan istilah esensial elemen hanya digunakan untuk unsur-unsur yang telah terbukti penting untuk pertumbuhan tanaman. Unsur kelumit terkandung dalam tanah pada umumnya berasal dari batuan melalui erosi dan proses pelapukan pedokimia yang menjadi bahan pembentuk tanah (Pendias, dkk., 2001).



Tabel 4. Angka kecukupan gizi unsur kelumit esensial (Republik Indonesia, 2013)

Umur (Tahun)	Cu mg/hari	Mn mg/hari	Fe mg/hari	Zn mg/hari
Laki- laki				
10-12	0,7	1,9	13	14
13-15	0,8	2,2	19	18
16-18	0,89	2,3	15	17
19-29	0,9	2,3	13	13
30-49	0,9	2,3	13	13
Tahun ke atas				
Perempuan				
10-12	0,7	1,6	20	13
13-15	0,8	1,6	26	16
16-18	0,89	1,6	26	14
19-29	0,9	1,8	25	10
30-49	0,9	1,8	25	10
Tahun ke atas				

Adapun unsur kelumit yang esensial bagi pertumbuhan Tanaman secara umum adalah : besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn) dan nikel (Ni) (Avci, dkk., 2013 dan Shanying He, dkk, 2012). Berikut deskripsi dari masing-masing unsur kelumit esensial bagi tanaman :

1. Besi (Fe).

Besi (Fe) dapat dianggap sebagai elemen utama karena peringkat

nya dalam kelimpahan (sekitar 5 %) di antara unsur mineral di kerak bumi

di bawah silikon dan aluminium. Dalam nutrisi tumbuhan, Fe bertindak

sebagai unsur kelumit yang kandungannya umumnya lebih banyak



dibandingkan unsur kelumit lainnya seperti boron (B), mangan (Mn), selenium (Se) atau seng (Zn). Fungsi esensial dari Fe baik untuk tanah maupun tanaman telah dipahami dari waktu yang lampau.

Kandungan total Fe pada tanah dengan iklim sedang pada umumnya bervariasi dari 1 sampai 5 %. Kandungan Fe ditemukan sejumlah 1% pada tanah dengan tekstur kasar yang bersifat asam serta pada tanah gambut. Dibandingkan dengan kelimpahan Fe pada tanah, kandungan Fe pada tanaman adalah rendah sekalipun jumlahnya masih lebih tinggi dibandingkan unsur kelumit lainnya (Grembecka, dkk. 2012). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Afoakwa pada Tahun 2013, diketahui kandungan besi (Fe) pada biji kakao segar adalah 4,26 mg/100 g.

2. Tembaga (Cu).

Tembaga (Cu) terdapat dalam tanah dalam bentuk ion Cu^{2+} yang diabsorpsi oleh clay atau material organik. Mineral ini cukup mudah larut pada saat proses pelapukan dan ditemukan dalam bentuk ionnya. Namun, ion Cu juga mudah mengalami pengendapan saat berikatan dengan berbagai anion seperti sulfida, karbonat, dan hidroksida. Dengan demikian, Cu adalah elemen yang sedikit pergerakannya di tanah dan menunjukkan relatif sedikit variasi pada konten total dalam profil tanah. Fiksasi mikroba memiliki peranan yang menonjol dalam pengikatan Cu pada permukaan

(Pendias, dkk., 2001).

Konsentrasi Cu dalam tanah yang telah ditentukan menggunakan berbagai teknik, berada pada rentang 14 sampai 109 mg/kg. Pada jaringan



akar, Cu ditemukan dalam bentuk senyawa kompleksnya. Konsentrasi Cu pada xylem dan floem berada pada rentang kelumit hingga 140 μM dan berkorelasi dengan konsentrasi asam amino (Pendias, dkk., 2011). Kandungan rata-rata Cu pada daun dan biji kakao yang berasal dari Peru telah diteliti dari yang terendah sebesar 7,00 $\mu\text{g/g}$ hingga yang tertinggi 11,3 $\mu\text{g/g}$ (Arevalo, dkk., 2017).

3. Seng (Zn).

Seng (Zn) merupakan salah satu mikro mineral esensial pada tanaman, yang diduga memiliki peranan kritis dalam metabolisme termasuk struktur molekul enzim. Kelarutan mineral Zn selama proses pelapukan adalah dalam bentuk ion Zn^{2+} , khususnya pada kondisi asam. Mineral Zn mudah diserap oleh komponen organik. Zn diyakini dapat menstimulasi ketahanan tanaman terhadap cuaca kering dan panas dan juga terhadap penyakit bakteri dan jamur.

Konsentrasi total mineral Zn dalam tanah yang berasal dari beberapa negara berbeda adalah pada rentang dari 17 sampai 125 ppm. Meskipun konsentrasi Zn pada tanaman bervariasi, namun konsentrasinya pada beberapa jenis tanaman pangan dan pakan ternak adalah hampir stabil. Rentang kandungan Zn pada tanaman pangan adalah 1,2 – 27 mg/kg. Pada jaringan tanaman, konsentrasi Zn tertinggi adalah pada akar yang diikuti tunas dan batang (Pendias dan Mukherjee, 2007). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Afoakwa pada Tahun 2013, diketahui kandungan seng (Zn) pada biji kakao segar adalah 1,04 mg/100 g.



4. Mangan (Mn).

Mangan (Mn) merupakan salah satu unsur kelumit yang melimpah di Litosfer, dan umumnya pada bebatuan ditemukan pada kadar 350 hingga 2000 ppm. Selama proses pelapukan, senyawa Mn dioksidasi pada kondisi di bawah atmosfer dan dihasilkan sebagai oksida Mn yang selanjutnya diambil kembali dan mudah ditemukan dalam bentuk sekunder mineral Mn (Pendias, dkk., 2001). Konsentrasi Mn dalam tanaman bergantung pada faktor-faktor tanah seperti pH dimana meningkatkan pH tanah menurunkan serapan tanaman Mn (Tait dan Hurrell, 1996).

Secara keseluruhan, persenyawaan Mn merupakan konstituen yang penting untuk tanah karena elemen ini merupakan elemen esensial dan mengontrol kehadiran beberapa mikronutrien lainnya. Sebaran konsentrasi Mn pada tumbuhan yang ditanam pada tanah yang sama berada pada rentang nilai 300 ppm hingga sekitar 500 ppm (Pendias dan Mukherjee, 2007).

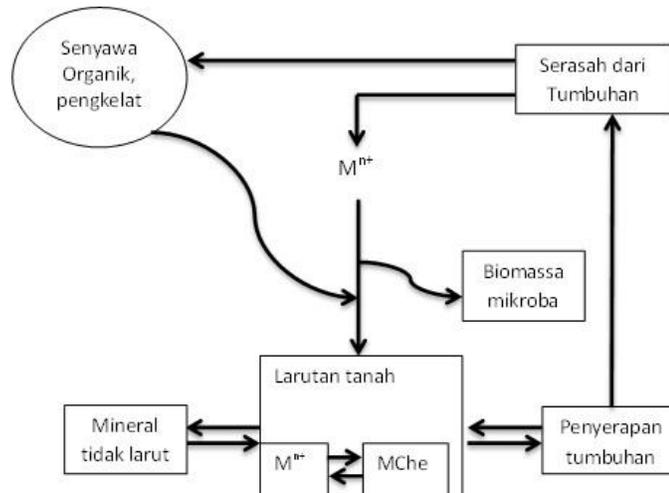
F. Perbedaan Kandungan Unsur Kelumit Dalam Tanah Pada Suatu Lingkungan

Kandungan dan distribusi unsur kelumit pada tanah secara umum bergantung pada siklus biogeokimia dan ekosistem dimana unsur kelumit tersebut ditemukan. Biogeokimia merupakan perubahan atau pertukaran

terjadi secara terus menerus antara komponen biosfer yang tak hidup dan yang hidup. Fungsi daur ini adalah sebagai siklus materi yang mengembalikan semua unsur-unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua



yang ada di bumi baik komponen biotik maupun abiotik. Secara umum siklus biogeokimia dari unsur kelumit dapat teramati pada Gambar 1 (Paul, 2007).



Gambar 1. Diagram siklus umum unsur kelumit dalam tanah (Paul, 2007).

Konsentrasi elemen sebagai ion bebas atau kompleks yang larut sangat dipengaruhi oleh reaksi abiotik seperti perubahan keadaan oksidasi, fiksasi untuk permukaan mineral, kompleksasi dengan bahan organik, dan pembentukan mineral tidak larut. Mikro organisme mampu melarutkan mineral dan meningkatkan ketersediaan unsur kelumit bagi tanaman. Daur ulang unsur kelumit terjadi saat tanaman serasah dikembalikan ke tanah dan termineralisasi oleh biomassa mikroba dan melepaskan unsur kelumit kembali. Produksi dan sekresi berbagai agen pengkelat oleh akar tanaman dan mikroorganisme menyebabkan pelapukan dan kelarutan mineral sehingga memfasilitasi pergerakan unsur kelumit untuk diserap oleh akar

, 2007).

Rentang konsentrasi unsur kelumit dalam material geologis adalah , dan bahkan dalam tipe batuan tertentu komposisi dapat sangat



bervariasi (Cancela, dkk., 2002). Sumber lain mengatakan kandungan unsur total dalam tanah yang tidak terkontaminasi memiliki hubungan yang sangat erat dengan material induk tanah, kandungan bahan organik, tekstur tanah, dan kedalaman tanah (Bañuelos, dkk., 1999). Unsur kelumit pada beberapa kondisi lingkungan pelapukan dapat dilihat dalam Tabel 5 (Pendias, dkk., 2001).

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel tanah pada daerah perkebunan dan daerah pesisir. Karakteristik tanah yang berada di daerah perkebunan adalah jenis organosol yaitu jenis tanah yang kaya akan bahan organik (Huang, 2009). Sedangkan untuk kawasan pesisir, umumnya terbentuk dari bahan sedimen marin serta bahan aluvium-koluvium yang berasal dari landsekap yang telah melapuk. Jenis tanah ini termasuk ke dalam kelompok regosol. Tanah regosol umumnya mempunyai susunan hara tanaman yang cukup untuk P dan K yang masih segar dan belum siap diserap oleh akar tanaman, serta kekurangan unsur N, sehingga kesuburan tanah rendah (Ma'ruf, 2018). Tanah pesisir pantai diketahui pula memiliki kadar mineral sukar lapuk relatif lebih tinggi dibandingkan mineral mudah lapuk (Khusrizal, 2012).



Tabel 5. Unsur kelumit di berbagai lingkungan pelapukan.

Tingkat mobilitas	Kondisi lingkungan	Unsur kelumit
Tinggi	Oksidasi dan asam	B, Br, I
	netral atau basa	B, Br, F, I Li, Mo, Re, Se, U, V, W dan Zn
	Reduksi	B, Br, I
Medium	Oksidasi dan asam	Li, Cs, Mo, Ra, Rb, Se, Sr, F, Cd, Hg, Cu, Ag, dan Zn
	Terutama asam	Ag, Au, Cd, Co, Cu, Hg, dan Ni
	Reduksi dengan variabel potensial	As, Ba, Cd, Cr, F, Fe, Ge, Li, Mn, Nb, Sb, Sn, Sr, Ti, U, dan V
Rendah	Oksidasi dan asam	Ba, Be, Bi, Cs, Fe, Ga, Ge, La, Li, Rb, Si, Th, Ti, dan Y
	Netral dan basa	Ba, Be, Bi, Co, Cu, Ge, Hf, Mn, Ni, Pb, Si, Ta, Te, dan Zr
Sangat rendah	Oksidasi dan asam	Al, Au, Cr, Fe, Ga, Os, Pt, Rh, Ru, Sc, Sn, Ta, Te, Th, Ti, Y, dan Zr
	Netral dan basa	Ag, Al, Au, Cu, Co, Fe, Ga, Ni, Th, Ti, Y, dan Zr
	Reduksi	Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cu, Cs, Ge, Hg, Li, Mo, Ni, Pb, Re, Se, Te, Th, Ti, U, Y, V, Zn, dan Zr



Tanah yang berada di pesisir juga memiliki tingkat salinitas yang dikarenakan natrium (Na) dan klor (Cl). Seperti halogen lainnya,

distribusi klor (Cl) dalam tanah menunjukkan kecenderungan penurunan konsentrasi yang jelas dengan meningkatnya jarak dari laut. Pada tanah dengan zona iklim lembab, Cl⁻ dilepaskan dan ditransportasikan melalui drainase, sedangkan di tanah iklim kering dan semi kering, Cl diketahui terkonsentrasi di permukaan. Keberadaan Cl dalam kondisi yang sangat tinggi pada tanah memiliki efek yang sangat merusak pada tanah dan vegetasi (Pendias dkk., 2001).

G. Distribusi Unsur Kelumit Dalam Tumbuhan

Sebagaimana rentang unsur kelumit bervariasi dalam tanah dikarenakan beberapa faktor. Distribusi unsur kelumit pada tumbuhan juga bervariasi. Ketika berada di tanah, beberapa elemen dapat dengan mudah diserap oleh tanaman dan ditranslokasi ke jaringan tanaman karena memiliki karakteristik kelat yang lemah (misalnya, Zn, Cd, Mn, Mo, Se, B). Cu, Ni, dan Co karakteristik kelat sangat besar, hal ini menyebabkan sebagian kecil dari Cu teradsorpsi ditranslokasi ke tunas daripada Zn (Bañuelos, 1999).

Secara umum, penyerapan elemen oleh tanaman dipengaruhi atas beberapa faktor, di samping kemampuan khusus tanaman. Faktor tersebut berkaitan dengan tanah media pertumbuhannya, yaitu adalah pH, kandungan tanah liat, bahan organik, kapasitas tukar kation, keseimbangan

si, dan konsentrasi unsur kelumit lainnya. Juga, kondisi iklim mempengaruhi tingkat serapan unsur kelumit, yang mungkin sebagian akan dampak tidak langsung karena fenomena aliran air. Umumnya,



pengaruh suhu lingkungan yang lebih tinggi berkaitan dengan serapan unsur kelumit yang lebih besar (Pendias dkk., 2001).

Mekanisme serapan hara berkaitan dengan kondisi perakaran tanaman kakao. Permukaan akar kakao banyak ditumbuhi bulu-bulu akar. Bulu-bulu akar melakukan kontak dengan koloid tanah untuk menyerap hara di dalam tanah. Mekanisme serapan unsur hara ada tiga sebagai berikut (Wahyudi, 2015):

1. Aliran massa.

Proses pengangkutan bahan terlarut dalam profil tanah seperti pupuk. Proses ini menjelaskan bahwa zat dalam larutan tanah akan bergerak dari daerah yang basah ke daerah yang kering. Proses aliran massa dan difusi berperan penting dalam memindahkan unsur hara dari suatu tempat ke dekat permukaan akar supaya dapat diserap oleh akar tanaman, kecuali untuk unsur hara N, hal tersebut tidak berlaku.

2. Difusi.

Proses menghasilkan gerak termal bebas dari suatu ion, atom, dan molekul. Suatu komponen yang tidak bermuatan akan bergerak dari larutan yang berkonsentrasi tinggi ke larutan yang berkonsentrasi lebih rendah. Laju perubahan dari konsentrasi larutan tergantung pada perbedaan konsentrasi awal dari dua volume larutan atau jarak dari keduanya. Selain itu, laju difusi juga ditentukan oleh temperatur larutan.

Intersepsi akar.

Melalui proses intersepsi, akar tanaman akan tumbuh memanjang untuk mencapai larutan tanah sehingga terjadi kontak antara akar dan unsur



hara. Mekanisme ini menyebabkan terjadinya kontak yang intensif sehingga unsur hara mudah terjangkau dan mudah terserap tanaman.

Sebaran nilai unsur kelumit Fe, Zn, Cu pada kakao telah diteliti oleh Laine dkk., 2015 dengan mengambil sampel dari 6 titik lokasi di Pantai Gading yang meliputi : Zona 1; Zona 2; Zona 3; Zona 4; Zona 5; dan Zona 6. Hasil yang diperoleh adalah didapatkan hasil sebaran nilai unsur kelumit Fe, Zn, Cu yang bervariasi pada masing-masing area. Sebagaimana terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis kandungan unsur kelumit tumbuhan kakao di Pantai Gading (Laine, 2015)

Jenis Unsur	Kandungan Tertinggi	Kandungan Terendah
Fe	Zona 1	Zona 6
Cu	Zona 1	Zona 5
Zn	Zona 1	Zona 5

H. Daerah Pesisir

Pada tataran global, definisi wilayah pesisir tergantung dari tujuan pengelolaan, dari definisi paling sempit sampai luas. Berdasarkan hasil Rapat Kerja Proyek *Marine Resource Evaluation and Planning* (MREP) bulan Agustus di Manado, Sulawesi Utara disepakati bahwa dalam pengelolaan kawasan pesisir tersebut digunakan tiga batasan wilayah, yaitu pendekatan ekologi, pendekatan administrasi dan pendekatan perencanaan.

Dalam konteks pendekatan ekologis, wilayah pesisir didefinisikan sebagai kawasan daratan yang masih dipengaruhi oleh proses dan



dinamika laut, seperti pasang surut, intrusi air laut, dan kawasan laut yang masih mendapat pengaruh dari proses dan dinamika daratan, seperti sedimentasi dan pencemaran (Pramudji, 2002). Lahan pasir pesisir didominasi oleh pasir dengan kandungan lebih dari 70%, porositas rendah atau kurang dari 40%, sebagian besar ruang pori berukuran besar sehingga aerasinya baik, daya hantar cepat, tetapi kemampuan menyimpan air dan zat hara rendah (Sunardi, 2007).

Adapun pendekatan administrasi yaitu, membatasi wilayah pesisir sebagai wilayah yang administrasi pemerintahan memiliki batas terluar sebelah hulu dari kecamatan atau kabupaten/kota yang mempunyai laut dan ke arah laut sejauh 12 mil dari garis pantai untuk provinsi dan sepertiganya untuk kabupaten/kota. Sedangkan dalam konteks pendekatan perencanaan, wilayah pesisir merupakan wilayah perencanaan pengelolaan sumber daya yang difokuskan pada penanganan isu yang akan dikelola secara bertanggung jawab (Pramudji, 2002).

I. Teknik Destruksi

Preparasi sampel sangat menentukan keberhasilan dalam suatu analisis. Untuk menentukan kandungan mineral pada suatu sampel, sampel tersebut perlu dihancurkan atau didestruksi dulu. Destruksi merupakan suatu perlakuan pemecahan senyawa menjadi unsur-unsurnya sehingga

... dianalisis. Istilah destruksi ini disebut juga perombakan, yaitu dari ... organik logam menjadi bentuk logam-logam anorganik. Pada ... nya ada dua jenis destruksi yang dikenal dalam ilmu kimia yaitu



destruksi basah (oksida basah) dan destruksi kering (oksida kering). Kedua destruksi ini memiliki teknik pengerjaan dan lama pemanasan atau pendestruksian yang berbeda (Kristianingrum, 2012).

1. Destruksi basah

Dekstruksi basah yaitu pemanasan sampel (organik atau biologis) dengan adanya pengoksidasi kuat seperti asam-asam mineral baik tunggal maupun campuran (Hidayati, 2013). Pada prinsipnya proses ini menggunakan asam nitrat untuk mendestruksi zat organik pada suhu rendah dengan maksud menghindari kehilangan mineral akibat penguapan. Pelarut-pelarut yang dapat digunakan untuk destruksi basah antara lain asam nitrat, asam sulfat, asam perklorat dan asam klorida (Kristianingrum, 2012).

Kesempurnaan destruksi ditandai dengan diperolehnya larutan jernih pada larutan destruksi, yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang ada telah larut sempurna. Senyawa garam yang terbentuk setelah destruksi merupakan senyawa garam yang stabil dan disimpan selama beberapa hari. Pada umumnya pelaksanaan kerja destruksi basa dilakukan secara metode Kjeldhal. Namun dewasa ini telah dilakukan modifikasi dari peralatan yang digunakan. Destruksi basah memiliki keuntungan yaitu suhu yang digunakan tidak melebihi titik didih larutan (Amin, 2015).

Destruksi kering

Destruksi kering merupakan metode yang paling umum digunakan dengan cara membakar habis bagian organik dan



meninggalkan residu anorganik sebagai abu untuk analisis lebih lanjut. Pada destruksi kering suhu pengabuan harus diperhatikan karena banyak elemen abu yang dapat menguap pada suhu tinggi, selain itu suhu pengabuan juga dapat menyebabkan dekomposisi senyawa tertentu. Suhu yang digunakan pada umumnya berkisar antara 400-800°C, bergantung pada jenis sampel yang akan dianalisis (Hidayati, 2013).

Untuk menentukan suhu pengabuan dengan sistem ini terlebih dahulu ditinjau jenis logam yang akan dianalisis. Bila oksida-oksida logam yang terbentuk bersifat kurang stabil, maka perlakuan ini tidak memberikan hasil yang baik. Untuk logam Fe, Cu, dan Zn oksidanya yang terbentuk adalah Fe_2O_3 , FeO, CuO, dan ZnO. Semua oksida logam ini cukup stabil pada suhu pengabuan yang digunakan. Oksida-oksida ini kemudian dilarutkan ke dalam pelarut asam encer baik tunggal maupun campuran, setelah itu dianalisis menurut metode yang digunakan (Kristianingrum, 2012).

J. Inductively Coupled Plasma - OES

Inductively Coupled Plasma (ICP) adalah metoda yang didasarkan pada eksitasi ion dan memancarkan sinar. Intensitas sinar yang terpancar pada panjang gelombang tertentu mempunyai karakteristik suatu unsur tertentu yang terukur berhubungan dengan konsentrasi dari tiap unsur dari sampel. Alat ICP pertama kali dikembangkan untuk spektrometri emisi optik pertengahan tahun 1960. ICP dapat digunakan untuk pengukuran unsur logam dari berbagai matriks sampel yang berbeda (Hou dan Jones,



2000). Aplikasi alat ICP – OES dapat digunakan pada banyak kategori seperti pada pertanian dan makanan, biologi dan klinik, geologi, air dan lingkungan, logam, dan bahan organik (Boss dan Fredeen, 2004).

1. Prinsip Kerja

Inductively Coupled Plasma (ICP) adalah induksi yang diperoleh dari arus bolak-balik pada frekuensi radio melalui kumparan. Cairan dan gas akan diinjeksikan ke dalam instrumen, untuk itu sampel padat harus diekstraksi terlebih dahulu dengan digesti asam karena analisis dilakukan menggunakan sampel dalam bentuk larutan. Cairan sampel akan diubah menjadi aerosol pada nebulizer dan selanjutnya dialirkan menuju pusat plasma.

Pada pusat plasma suhu dipertahankan dalam rentang 6000-10.000 K (lebih dari 3300°-9700° C), sehingga aerosol cepat menguap. Selanjutnya, analit dibebaskan sebagai atom bebas dalam keadaan gas. Lebih jauh, eksitasi tabrakan didalam plasma memberikan energi tambahan pada atom dan mengangkat ke keadaan tereksitasi. Energi yang cukup tersedia mengubah atom menjadi ion kemudian akan mengubah keadaan ion menjadi tereksitasi. Baik atom ataupun ion tereksitasi kemudian dapat perlahan ke keadaan dasar melalui emisi gas foton (Safitri, 2018).

Foton mempunyai karakteristik energi yang ditentukan oleh struktur energi untuk atom dan ion. Emisi foton oleh atom atau ion-ion dalam OES dikonversikan ke sinyal listrik oleh fotomultiplier dalam fotometer. Intensitas dari sinyal dibandingkan intensitas standar yang



diketahui konsentrasinya yang telah diukur sebelumnya. Beberapa elemen memiliki lebih dari satu panjang gelombang spesifik dalam spektrum yang dapat digunakan untuk analisis. Total foton yang teridentifikasi secara langsung berbading lurus dengan konsentrasi asli unsur didalam sampel. Selanjutnya, gelombang yang keluar dari monokromator akan diubah menjadi sinyal listrik oleh fotodetektor. Sinyal listrik ini akan ditampilkan pada layar komputer (Hou dan Jones, 2000).

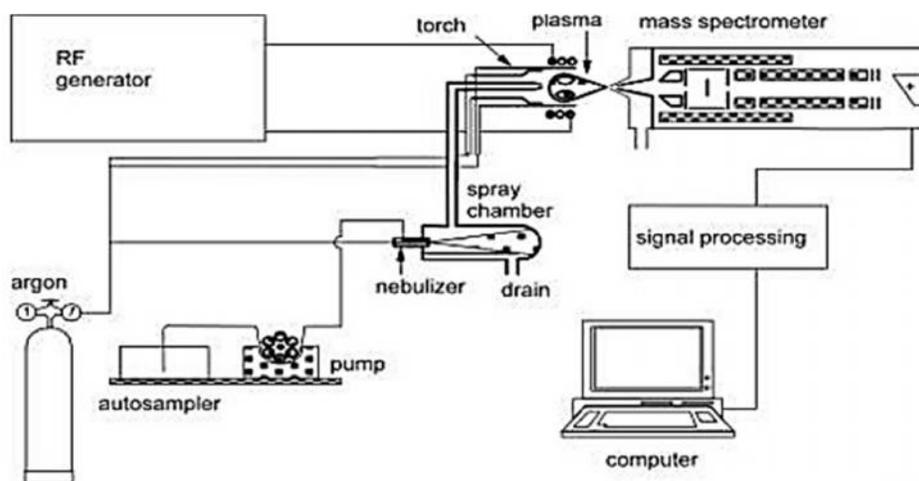
Pada instrumen ICP-OES terdapat sebuah kumparan tembaga, disebut *load coil*, yang mengelilingi ujung atas torch dan terhubung dengan RF (*Radio Frequency*) generator. Gas argon akan diarahkan melalui torch yang terdiri dari tiga buah tabung konsentris dari bahan kuarsa atau bahan lainnya yang sesuai untuk torch. Osilasi atau arus bolak balik dari daya RF pada load coil akan menyebabkan terbentuknya medan listrik dan medan magnet pada atas torch. Gas argon akan berputar di atas torch dan menyebabkan elektron menjadi terlepas dari atom gas argon. Elektron dari gas argon akan diperangkap dan dipercepat pada medan magnet. Penambahan energi elektron dengan kumparan disebut sebagai *inductively coupling*.

Pelepasan lebih banyak elektron dilakukan dengan menumbukkan atom argon dengan elektron berenergi tinggi. *Inductively coupled plasma* (ICP) *discharge* terjadi ketika gas diubah menjadi plasma yang terdiri dari argon, ion argon dan elektron. Ionisasi tumbukan gas argon pada energi berantai menyebabkan gas dapat diubah menjadi plasma. Keadaan



ICP *discharge* ini dipertahankan selama proses transfer energi RF dengan inductive coupling di dalam torch dan load coil . Fungsi ICP *discharge* ini dengan suhu tinggi untuk dapat menghilangkan pelarut pada aerosol dengan hanya menyisakan partikel garam mikroskopis, untuk selanjutnya partikel garam diuapkan dan diatomisasi dan akan dieksitasi dan ionisasi sehingga dapat memancarkan radiasi (Boss dan Fredeen, 2004).

2. Instrumentasi ICP – OES (*Inductively Coupled plasma-Optical Emission Spectrometry*)



Gambar 2. Komponen penyusun ICP-OES (Boss dan Freeden, 2004).

Pada *Inductively Couple Plasma – Optical Emission Spectrometry* sampel ditransportasikan ke instrumen dalam bentuk cairan. Proses nebulisasi merubah cairan menjadi aerosol oleh alat nebulizer. Aerosol selanjutnya ditransportasikan ke pusat plasma dimana aerosol akan diatomisasi, diionisasi dan atau dieksitasi oleh plasma. Radiasi dipancarkan dari eksitasi atom dan ion yang akan dikumpulkan oleh



alat yang memilah radiasi dengan panjang gelombang dari polikromatik menjadi monokromatik atau pendispersian panjang gelombang oleh monokromator. Radiasi akan dideteksi dan diubah menjadi sinyal elektronik yang akan diubah menjadi informasi konsentrasi analisis (Boss dan Fredeen, 2004).

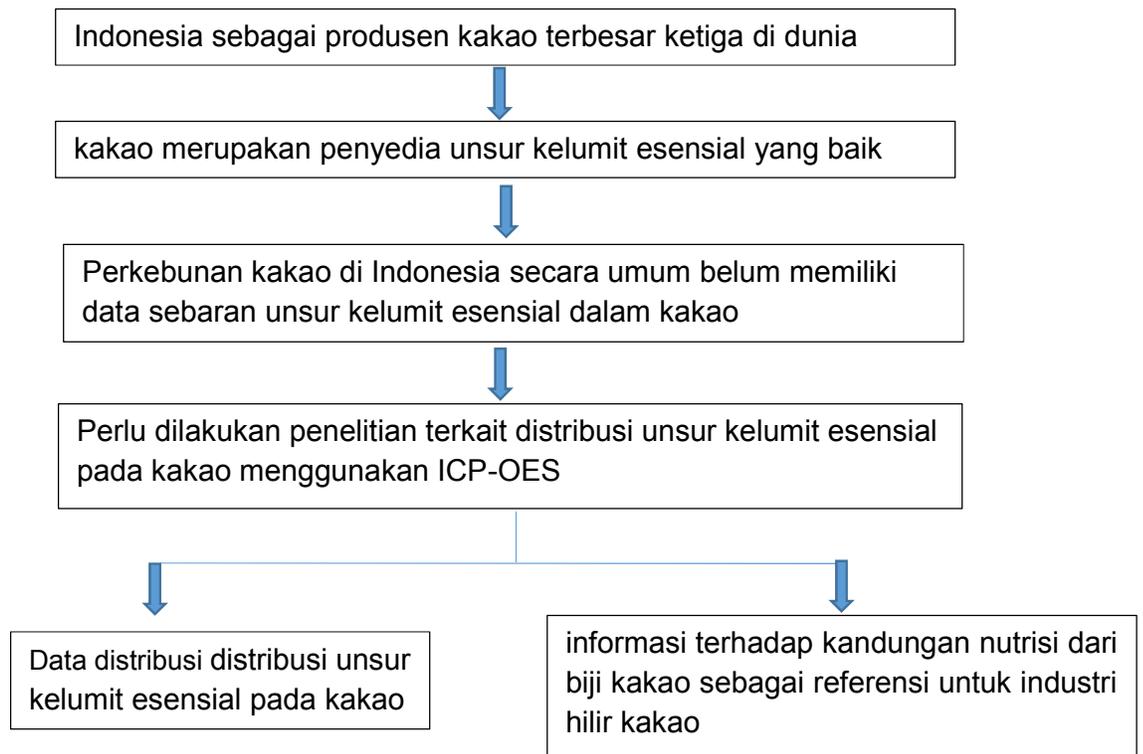
K. Kerangka Fikir dan Hipotesis Penelitian

1. Kerangka fikir

Indonesia merupakan produsen kakao terbesar ketiga setelah Pantai Gading dan Ghana. Komoditi kakao merupakan penyedia mineral dan unsur-unsur kelumit yang baik. Mineral dan unsur-unsur kelumit sangat penting untuk proses metabolisme dalam tubuh. Penelitian distribusi kandungan unsur kelumit dalam biji kakao telah cukup banyak dilakukan di beberapa negara penghasil kakao. Namun umumnya untuk perkebunan kakao di Indonesia masih jarang yang memiliki data tersebut. Kandungan unsur kelumit yang terkandung dalam biji kakao mencerminkan tanah dimana tumbuhan ini ditanam, seperti halnya pada tanaman pangan lainnya. Sebagai bahan baku produk pangan, kandungan mineral dan unsur kelumit esensial dalam biji kakao menjadi penting. Olehnya itu perlu dilakukan penelitian terkait distribusi unsur kelumit pada kakao. Penentuan kandungan mineral dan unsur kelumit pada biji kakao dapat dilakukan

an metode ICP-OES. Pemilihan ICP-OES dikarenakan pengukuran
o selektif dan dapat digunakan untuk menentukan beberapa unsur
ra simultan dalam sampel.





Gambar 3. Diagram alir kerangka teori penelitian

2. Hipotesis

Berdasarkan pemaparan kerangka pemikiran di atas maka hipotesis dalam penelitian ini adalah kandungan unsur kelumit yang terkandung dalam biji kakao yang berasal dari daerah perkebunan lebih tinggi dibandingkan pada daerah pesisir di Luwu Timur dan memenuhi standar mutu sebagai bahan baku untuk menjadi produk pangan yang dapat menyumbang kebutuhan nutrisi manusia.

