

**FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI DENSITAS
MINERAL TULANG MAHASISWI UNIVERSITAS LAMPUNG**

TESIS

**Oleh
FIRDAWATI**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI DENSITAS
MINERAL TULANG MAHASISWI UNIVERSITAS LAMPUNG**

Oleh
FIRDAWATI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER KESEHATAN MASYARAKAT**

**Pada
Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023



ABSTRAK

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI DENSITAS MINERAL TULANG MAHASISWI UNIVERSITAS LAMPUNG

Oleh
Firdawati

Osteoporosis atau pengeroposan tulang merupakan suatu kondisi di mana tulang menjadi rapuh dan mudah patah. Prevalensi osteoporosis pada wanita di Indonesia yaitu sebesar 23% pada kelompok usia 50-80 tahun dan 53% pada usia 70-80 tahun. Pengukuran terhadap densitas mineral tulang (DMT) menunjukkan derajat mineralisasi tulang terkait dengan kondisi osteoporosis. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi DMT mahasiswi Universitas Lampung berupa status gizi, asupan gizi, dan gaya hidup. Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan metode survei secara *cross-sectional*. Variabel terikat pada penelitian ini adalah DMT dan variabel bebas pada penelitian ini antara lain status gizi, asupan kalsium, asupan fosfor, asupan magnesium, asupan vitamin D, asupan vitamin C, asupan protein, aktivitas fisik, paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi, dan kebiasaan minum *soft drink*. Sampel penelitian ini adalah mahasiswi Universitas Lampung sebanyak 150 mahasiswi. Analisis data berupa analisis univariat *descriptive statistics*, analisis bivariat dengan uji *Chi-Square*, dan analisis regresi logistik. Hasil penelitian didapatkan mahasiswi yang memiliki DMT kategori osteopenia sebanyak 52,7% dan osteoporosis sebanyak 10%. Terdapat hubungan antara status gizi ($p= 0,043$), asupan kalsium ($p= 0.000$), asupan fosfor ($p= 0,011$), dan aktivitas fisik ($p= 0,029$) dengan DMT mahasiswi Universitas Lampung. Status gizi ($p= 0,046$; OR: 2,513; CI:1,017-6,215) dan asupan kalsium ($p= 0,000$; OR: 5,597; CI:2,525-12,406) merupakan faktor yang paling dominan yang memengaruhi DMT mahasiswi Universitas Lampung.

Kata Kunci : Densitas mineral tulang, Status gizi, Asupan gizi, Gaya hidup

ABSTRACT

FACTORS AFFECTING BONE MINERAL DENSITY OF LAMPUNG UNIVERSITY STUDENTS

By

Firdawati

Osteoporosis or bone loss is a condition in which bones become brittle and break easily. The prevalence of osteoporosis in women in Indonesia was 23% in the 50-80 years age group and 53% in the 70-80 years age group. Measurement of bone mineral density (DMT) shows the degree of bone mineralization associated with osteoporosis. The purpose of this study was to determine the factors that influence DMT for female students at the University of Lampung in the form of nutritional status, nutritional intake, and lifestyle. This research is an observational study with a cross-sectional survey method. The dependent variable in this study was DMT and the independent variables in this study included nutritional status, calcium intake, phosphorus intake, magnesium intake, vitamin D intake, vitamin C intake, protein intake, physical activity, sun exposure, coffee drinking habits, and habit of drinking soft drinks. The sample of this research was 150 female students at the University of Lampung. Data analysis was in the form of univariate descriptive statistics analysis, bivariate analysis with Chi-Square test, and logistic regression analysis. The results of the study showed that female students had DMT in the osteopenia category as much as 52.7% and osteoporosis as much as 10%. There was a relationship between nutritional status ($p= 0.043$), calcium intake ($p= 0.000$), phosphorus intake ($p= 0.011$), and physical activity ($p= 0.029$) with DMT in female students at the University of Lampung. Nutritional status ($p= 0.046$; OR: 2.513; CI: 1.017-6.215) and calcium intake ($p= 0.000$; OR: 5.597; CI: 2.525-12.406) were the most dominant factors affecting DMT in Lampung University students.

Keywords: Bone mineral density, Nutritional status, Nutritional intake, Lifestyle

Judul Tesis : **FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI
DENSITAS MINERAL TULANG MAHASISWI
UNIVERSITAS LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Firdawati**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2128021002

Program Studi : Magister Kesehatan Masyarakat

Fakultas : Kedokteran



**Dr. dr. Dian Isti Angraini, MPH, Sp.KKLP,
FISPH, FISCM**
NIP. 19830818 200801 2 005

Dr. Ir. Yaktiworo Indriani, M.Sc.
NIP. 19610622 198503 2 004

2. Plt. Wakil Dekan
Bidang Akademik dan Kerjasama



Dr. Ayi Ahadiat, S.E., M.B.A.
NIP. 19650307 199103 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. dr. Dian Isti Angraini, MPH, Sp. KKLP,
FISPH, FISCM

Sekretaris : Dr. Ir. Yaktiworo Indriani, M.Sc.

Anggota : Dr. dr. Reni Zuraida, M.Si, Sp. KKLP

Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D

2. Plt. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.
NIP. 19740705 200003 1 001

3. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 23 Mei 2023



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul “Faktor-Faktor yang Memengaruhi Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung” adalah hasil karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut *plagiarism*,
2. Hak intelektual dari karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat serta sanksi yang diberikan, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Mei 2023

Pembuat pernyataan,



Firdawati

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Karya tulis ini saya persembahkan kepada orang tua, suami, dan anak-anak tercinta yang telah memberikan doa, motivasi, dan kasih sayang dalam setiap langkah dalam kehidupan ini.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Subhanallahu Wa Taa'la, karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Tesis dengan judul “Faktor-Faktor yang Memengaruhi Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung ” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si.,M.T., selaku Plt. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. Dr. Ayi Ahadiat, S.E., M.B.A.,selaku Plt. Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. Dr. dr. Susianti, S.Ked., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik (PA) selama menempuh pendidikan di Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
5. Dr. dr. Dian Isti Angraini, MPH., Sp.KKLP., FISPH., FISCM selaku pembimbing atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
6. Dr. Ir. Yaktiworo Indriani, M.Sc., selaku pembimbing atas kesediaannya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
7. Dr. dr. Reni Zuraida, M.Si, Sp. KKLP., selaku penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, memberikan masukan, ilmu, kritik, saran dan nasihat bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini;
8. Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D., selaku penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, memberikan masukan, ilmu, kritik, saran dan nasihat bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini;

9. Ayah Asrin, Ibu Maimunah, Papa Pihir, Mama Neti yang telah banyak memberikan do'a dan dukungan;
10. Suamiku Dodi Handoko serta anak-anak Kayla Asysyifa Alfatih dan Zubair Abdullah Alfatih yang senantiasa memberikan dukungan, do'a, kasih sayang dan menjadi motivasi saya untuk menyelesaikan tesis ini;
11. Mahasiswi Universitas Lampung yang telah bersedia atas waktu dan perhatiannya menjadi responden dalam penelitian ini;
12. Enumerator yang telah banyak membantu dalam proses penelitian tesis ini;
13. Seluruh staf pengajar Program Studi Kesehatan Masyarakat Unila atas ilmu yang telah diberikan kepada saya untuk menambah wawasan yang menjadi landasan untuk mencapai cita-cita;
14. Teman-teman Angkatan 2021 yang telah mendukung dan saling memberikan semangat;
15. Teman-teman kelompok satu Caecilia Cierra, I Gede Eka Widayana, Kartika Prasetya, dan Tania Apriyanti yang memberikan banyak bantuan dan dukungan sejak semester satu hingga penyelesaian tesis ini;
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu yang telah memberikan bantuan dan memberi semangat selama proses belajar di Magister Kesehatan Masyarakat dan dalam penulisan tesis. Akhir kata, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan akan tetapi, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat kepada kita semua.

Bandar Lampung, 10 April 2023

Firdawati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Angka Kecukupan Gizi Wanita Usia Subur.....	7
2.1.2 Mineralisasi Tulang.....	9
2.1.2.1 Struktur dan Fungsi Tulang.....	9
2.1.2.2 Remodeling Tulang.....	11
2.1.2.3 Metabolisme Kalsium.....	12
2.1.2.4 Metabolisme Vitamin D	13
2.1.3 Densitas Mineral Tulang	14
2.1.4 Faktor yang Memengaruhi Densitas Mineral Tulang.....	16
2.1.5 Penilaian Status Gizi Metode Antropometri	23
2.1.6 Penilaian Status Gizi Metode <i>Food Recall 24 Hours</i>	24
2.2 Penelitian Terdahulu.....	24
2.3 Kerangka Teoritis	28
2.4 Kerangka Konsep Operasional	29
2.5 Hipotesis.....	30

BAB 3 METODE PENELITIAN	31
3.1 Jenis Penelitian	31
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.3 Variabel Penelitian	31
3.4 Definisi Operasional.....	32
3.5 Populasi dan Sampel	37
3.6 Pengumpulan Data	42
3.6.1 Jenis Data	42
3.6.2 Tahap Pengambilan Data.....	42
3.6.3 Instrumen Penelitian.....	43
3.7 Pengolahan Data.....	45
3.8 Analisis Data	46
3.9 Etika Penelitian.....	47
 BAB 4 HASIL PENELITIAN	 48
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	48
4.2 Analisis Deskriptif.....	49
4.2.1 Karakteristik Responden	49
4.2.2 Gambaran Densitas Mineral Tulang dan Status Gizi	51
4.2.3 Gambaran Asupan Gizi	52
4.2.4 Gambaran Faktor Gaya Hidup	53
4.3 Pengujian Hipotesis	58
4.3.1 Analisis Bivariat	58
4.3.1.1 Hubungan Status Gizi dengan Densitas Mineral Tulang (DMT)....	58
4.3.1.2 Hubungan Asupan Gizi dengan Densitas Mineral Tulang (DMT) .	59
4.3.1.3 Hubungan Gaya Hidup dengan Densitas Mineral Tulang (DMT) ..	63
4.3.2 Analisis Regresi Logistik	65
4.3.2.1 Seleksi Kandidat.....	65
4.3.2.2 Uji Kelayakan Model	67
4.3.2.3 Koefisien Determinasi.....	67
4.3.2.4 Pemodelan Analisis Regresi Logistik.....	68
 BAB 5 PEMBAHASAN	 71
5.1 Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung	71

5.2 Pengaruh Status Gizi terhadap Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung	72
5.3 Pengaruh Asupan Gizi terhadap Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung	73
5.3.1 Asupan Kalsium	74
5.3.2 Asupan Fosfor	76
5.3.3 Asupan Magnesium.....	78
5.3.4 Asupan Vitamin C	79
5.3.5 Asupan Vitamin D.....	79
5.3.6 Asupan Protein	81
5.4 Pengaruh Gaya Hidup Terhadap Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung	82
5.4.1 Aktivitas Fisik	82
5.4.2 Paparan Sinar Matahari	84
5.4.3 Kebiasaan Minum Kopi.....	85
5.4.4 Kebiasaan Minum <i>Soft Drink</i>	86
5.5 Keterbatasan Penelitian	88
BAB 6 PENUTUP	89
6.1 Kesimpulan	89
6.2 Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN.....	100

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Angka Kecukupan Gizi (AKG) Wanita Usia Subur	7
Tabel 2.2 Kategori ambang batas IMT	23
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu.....	25
Tabel 3.1 Definisi operasional	32
Tabel 3.2 Proporsi sampel setiap Program Studi	40
Tabel 3.3 Proporsi sampel setiap angkatan dari masing-masing Program Studi	40
Tabel 4.1 Distribusi usia mahasiswi berdasarkan Program Studi	50
Tabel 4.2 Nilai rerata Angka Kecukupan Gizi (AKG), asupan, dan persentase asupan terhadap AKG.....	52
Tabel 4.3 Distribusi frekuensi asupan gizi	53
Tabel 4.4 Distribusi frekuensi faktor gaya hidup.....	54
Tabel 4.5 Gambaran aktivitas fisik	55
Tabel 4.6 Gambaran paparan sinar matahari menurut frekuensi	55
Tabel 4.7 Analisis hubungan status gizi dengan densitas mineral tulang	58
Tabel 4.8 Analisis hubungan asupan kalsium dengan densitas mineral tulang .	59
Tabel 4.9 Analisis hubungan asupan fosfor dengan densitas mineral tulang ..	60
Tabel 4.10 Analisis hubungan asupan magnesium dengan densitas mineral tulang.....	61
Tabel 4.11 Analisis Hubungan asupan vitamin C dengan densitas mineral Tulang	61
Tabel 4.12 Analisis hubungan asupan vitamin D dengan densitas mineral tulang	62
Tabel 4.13 Analisis hubungan asupan protein dengan densitas mineral tulang	62
Tabel 4.14 Analisis hubungan aktivitas fisik dengan densitas mineral tulang	63
Tabel 4.15 Analisis hubungan paparan sinar matahari dengan densitas mineral tulang.....	64

Tabel 4.16 Analisis hubungan kebiasaan minum kopi dengan densitas mineral tulang.....	65
Tabel 4.17 Analisis hubungan kebiasaan minum <i>soft drink</i> dengan densitas Mineral tulang	65
Tabel 4.18 Hasil analisis bivariat variabel independen dan variabel dependen	66
Tabel 4.19 Uji kelayakan model regresi (<i>Hosmer and Lemeshow Test</i>).....	67
Tabel 4.20 Uji koefisien determinasi (R^2) model regresi logistik.....	68
Tabel 4.21 Model awal analisis regresi logistik.....	68
Tabel 4.22 Model akhir analisis regresi logistik	69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kondisi tulang pada penderita osteoporosis	8
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk tulang	10
Gambar 2.3 Remodeling tulang	12
Gambar 2.4 Kerangka teoritis faktor-faktor yang memengaruhi densitas mineral tulang (DMT)	27
Gambar 2.5 Kerangka konsep faktor-faktor yang memengaruhi densitas mineral tulang (DMT)	28
Gambar 3.1 Diagram alur pengambilan sampel.....	41
Gambar 4.1 Distribusi densitas mineral tulang berdasarkan status gizi.....	51
Gambar 4.2 Gambaran konsumsi kopi mahasiswi perminggu.....	56
Gambar 4.3 Gambaran konsumsi <i>soft drink</i> mahasiswi perminggu	57

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Persetujuan Menjadi Responden	100
Lampiran 2. Instrumen Penelitian	101
Lampiran 3. Persetujuan Etik Penelitian	111
Lampiran 4. Uji Validitas dan Reliabilitas	112
Lampiran 5. Hasil Analisis Statistik	115
A. Hasil analisis univariat	115
B. Hasil analisis bivariat	119
C. Hasil analisis regresi logistik	129
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian	133
A. Wawancara dan pengisian kuesioner	133
B. Pengukuran tinggi badan	133
C. Pengukuran densitas mineral tulang (DMT)	134
D. Hasil pengukuran densitas mineral tulang (DMT).....	13

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Osteoporosis atau pengeroposan tulang merupakan suatu kondisi atau penyakit di mana tulang menjadi rapuh dan mudah patah. Seseorang dengan osteoporosis akan lebih berisiko mengalami patah tulang atau fraktur karena terjadi penurunan kekuatan tulang. Prevalensi osteoporosis pada wanita di Indonesia yaitu sebesar 23% pada kelompok usia 50-80 tahun dan 53% pada usia 70-80 tahun (IOF, 2013). Menurut *International Osteoporosis Foundation* (IOF), 20% penderita patah tulang akibat osteoporosis dapat meninggal dalam waktu satu tahun, sepertiga di antaranya harus terbaring di tempat tidur, sepertiga lainnya dibantu untuk berjalan dan sisanya dapat sembuh dengan aktivitas normal (IOF, 2013). Konsekuensi fisik, psikologis, dan sosial dari kejadian patah tulang dapat mempengaruhi kualitas hidup dan meningkatkan beban ekonomi (Gold *et al.*, 2019).

Wanita lebih berisiko empat kali terkena osteoporosis jika dibandingkan laki-laki (IOF, 2013). Osteoporosis lebih banyak terjadi pada wanita di usia tua dikarenakan wanita setelah menopause mengalami peningkatan penyerapan tulang melebihi pembentukan kembali tulang akibat berkurangnya kadar hormon estrogen (Xiao *et al.*, 2020). Tulang mengalami proses *remodelling* di mana secara kontinyu tulang akan mengalami penyerapan/penghancuran dan pembentukan. Pada usia sekitar 30-40 tahun, penyerapan/penghancuran dan pembentukan kembali tulang berada dalam keseimbangan yang selanjutnya menentukan densitas mineral tulang seseorang (Heidari *et al.*, 2017).

Densitas mineral tulang (DMT) atau kepadatan tulang merupakan jumlah mineral tulang yang ada dalam jaringan tulang. Pengukuran terhadap DMT penting untuk menunjukkan derajat mineralisasi tulang yang dikaitkan dengan

kondisi osteoporosis. *World Health Organization* (WHO) membuat kriteria tingkat kepadatan tulang berdasarkan pengukuran DMT yaitu bila $T\text{-score} \geq -1$ SD adalah normal, $T\text{-score}$ antara -1 SD dan $-2,5$ SD dikategorikan *osteopenia*, dan $T\text{-score} \leq -2,5$ SD dikategorikan osteoporosis (WHO, 2004). Densitas mineral tulang meningkat pada awal kehidupan dikarenakan proses pembentukan tulang terjadi terutama pada masa pertumbuhan dan setelah dewasa akan berangsur menurun. *Peak bone mass* atau massa tulang puncak seseorang dapat tercapai sekitar usia 20-30 tahun, sehingga saat menuju usia 20 tahun terjadi peningkatan pembentukan tulang (Desrida et al., 2017). Oleh karena itu, usia remaja dan dewasa muda merupakan usia penting dalam penentuan kepadatan tulang seseorang terkait dengan risiko osteoporosis di masa mendatang. Wanita memiliki kecenderungan lebih terhadap perkembangan osteoporosis karena efek protektif dari estrogen pada periode usia subur mencegah erosi massa tulang, dan efek protektif tersebut berakhir pada periode menopause (Idrees et al., 2018).

Pada wanita, penurunan kepadatan tulang terjadi pada kondisi setelah menopause akibat penurunan kadar hormon estrogen yang diikuti peningkatan pengeluaran kalsium dari tubuh (Idrees et al., 2018). Kadar hormon estrogen optimal pada wanita usia subur (WUS). Wanita usia subur merupakan wanita pada usia reproduktif dimulai saat mendapat haid pertama hingga berhenti yaitu sekitar usia 15-49 tahun yang memiliki kemampuan untuk memiliki keturunan (BKKBN, 2013). Wanita usia subur perlu mengantisipasi kondisi menopause yang akan dialaminya setelah melewati usia reproduktif dengan suatu upaya untuk menjaga kepadatan massa tulang. Terdapat faktor-faktor yang berkaitan dengan berkurangnya kepadatan massa tulang, terdapat faktor yang tidak dapat dimodifikasi seperti genetik, usia, jenis kelamin serta faktor yang dapat dimodifikasi seperti asupan zat gizi, aktivitas fisik, kebiasaan merokok (Dolan & Sale, 2019).

Asupan zat gizi sangat penting dalam meningkatkan kepadatan tulang. Zat gizi protein dan mikronutrien berupa kalsium, fosfor, vitamin D memiliki peran sebagai penjaga kesehatan tulang. Peningkatan asupan protein dapat meningkatkan kesehatan tulang yang berkaitan dengan peningkatan DMT dan pergantian tulang / *bone turnover* (Rondanelli et al., 2022). Kalsium dan vitamin

D merupakan zat gizi penting dalam fase pertumbuhan. Kurangnya asupan kalsium dan vitamin D dapat berpengaruh pada puncak massa tulang. Defisiensi vitamin D dapat mengganggu homeostasis kalsium dan menurunkan mineralisasi tulang (Sari, 2016). Vitamin D dapat aktif dibantu oleh sinar matahari. Paparan sinar matahari yang cukup untuk anak dan orang dewasa di Indonesia yaitu paparan matahari pada waktu pagi saat terbit hingga pukul 09.00 dan waktu sore hari pukul 15.00 hingga matahari terbenam, dengan durasi 10 sampai 15 menit sebanyak 3 kali dalam seminggu sebanyak 3 kali dalam seminggu (Kemenkes, 2018). Konsumsi susu dan produk hewani dapat membantu meningkatkan asupan kalsium, vitamin D dan fosfor sehingga dapat menjaga keseimbangan asupan makanan selama periode pertumbuhan (J. H. Lee et al., 2021).

Mempertahankan asupan makanan yang cukup terutama produk susu yang disertai penerapan gaya hidup sehat merupakan faktor pendukung kesehatan tulang (Prowting *et al.*, 2022). Asupan makanan yang berlebihan dapat berdampak pada kelebihan berat badan. Berat badan dapat berkaitan dengan kepadatan tulang dan risiko osteoporosis karena dapat menyebabkan perubahan metabolisme berupa resistensi insulin dan produksi hormon *androgen* dan *estrogen* yang berlebihan sehingga mengurangi aktivitas osteoblast. Selain itu kelebihan produksi adipokin atau kadar leptin yang terkait asupan tinggi lemak dapat berkontribusi terhadap peningkatan penyerapan kalsium usus (Cristina & Longo, 2020).

Gaya hidup sangat erat dengan status kesehatan seseorang, salah satunya kesehatan tulang. Kebiasaan olahraga rutin tidak banyak dilakukan oleh dewasa muda saat ini terutama mereka yang bekerja sehari penuh. Aktivitas fisik terutama olahraga dapat meningkatkan massa tulang karena saat olahraga, tulang akan mendapat tekanan dan menahan beban tubuh yang akan memberikan rangsangan pada tulang untuk meningkatkan *bone turnover* atau pergantian tulang (Troy *et al.*, 2018). Kebiasaan merokok dapat mengganggu kesehatan tulang terkait efek racun dalam rokok yang menghambat kerja hormon *calcitonin* dan menghambat pembentukan tulang baru (Kemenkes, 2020). Selain itu, dewasa muda saat ini lebih banyak yang memiliki kebiasaan mengonsumsi minuman berkafein seperti kopi dan teh dibandingkan susu. Kafein yang terutama terkandung dalam kopi dan

soft drink dapat menyebabkan meningkatnya kehilangan kalsium dalam urin. Kebiasaan minum susu memiliki efek yang baik terhadap kesehatan tulang karena kandungan kalsium yang tinggi (Alshanbari *et al.*, 2018).

Upaya penilaian dan pencegahan dini terhadap kurangnya kepadatan tulang harus dimulai sejak usia muda. Penelitian Cahyaningsih (2017) menilai DMT pada mahasiswa yang merupakan kelompok dewasa awal usia 19-25 tahun, hasilnya hanya sebanyak 56.8% yang memiliki DMT kategori normal, selanjutnya 22.1% termasuk kategori osteoporosis, 21.1% kategori osteopenia. Mahasiswa merupakan kelompok usia dewasa awal dan juga usia subur yang akan mempersiapkan kehamilan. Kehamilan membutuhkan asupan kalsium yang cukup dan kepadatan tulang yang baik agar tidak terjadi penyerapan berlebihan terhadap mineral tulang sebagai upaya pencegahan risiko osteoporosis di kemudian hari. Penelitian ini akan menilai DMT dan faktor-faktor yang memengaruhinya pada mahasiswi di Universitas Lampung (Unila). Sebagian besar mahasiswi Unila berada pada usia di mana terjadi puncak massa tulang (*peak bone mass*) sehingga dengan mengetahui derajat mineralisasi dapat sebagai deteksi dini risiko osteoporosis dan dapat memaksimalkan kepadatan tulang sejak dewasa muda.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana status gizi, asupan gizi, gaya hidup dan DMT mahasiswi Universitas Lampung ?
2. Apakah status gizi, asupan gizi, dan gaya hidup memengaruhi DMT mahasiswi Universitas Lampung ?
3. Apakah faktor paling dominan yang memengaruhi DMT mahasiswi Universitas Lampung?

1.3 Tujuan Penelitian

A. Tujuan Umum

Mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi DMT mahasiswi Universitas Lampung.

B. Tujuan Khusus

1. Mengetahui status gizi, asupan gizi, gaya hidup dan DMT mahasiswi Universitas Lampung.
2. Mengetahui hubungan status gizi, asupan gizi, dan gaya hidup terhadap DMT mahasiswi Universitas Lampung.
3. Mengetahui faktor paling dominan yang memengaruhi DMT mahasiswi Universitas Lampung.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi peneliti yaitu sarana dalam menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama menjalani pendidikan di Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat Universitas Lampung.
2. Manfaat bagi institusi yaitu sebagai referensi keilmiahan dan informasi untuk penelitian selanjutnya.
3. Manfaat bagi masyarakat yaitu sebagai sumber informasi terkait faktor-faktor yang memengaruhi DMT terutama pada WUS sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan terhadap risiko osteoporosis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Angka Kecukupan Gizi Wanita Usia Subur

Wanita Usia Subur atau WUS merupakan wanita pada usia reproduktif dimulai saat mendapat haid pertama hingga berhenti yaitu sekitar usia 15-49 tahun yang memiliki kemampuan untuk memiliki keturunan (BKKBN, 2013). Wanita usia subur (WUS) adalah wanita yang dalam usia optimal menghadapi kehamilan yaitu 20-35 tahun. Usia optimal tersebut menunjukkan berkembangnya alat reproduksi dan fungsi yang maksimal. Wanita usia subur (WUS) merupakan seorang yang akan menjadi ibu dan harus diperhatikan status gizinya sehingga angka kecukupan gizi WUS harus dipenuhi (Firmansyah *et al.*, 2020).

Angka Kecukupan Gizi (AKG) adalah angka yang menunjukkan rata-rata kebutuhan terhadap zat gizi baik zat gizi makro maupun mikro untuk dipenuhi setiap harinya oleh seseorang dan akan berbeda tergantung dari usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, serta kondisi fisiologisnya (Kemenkes, 2019). Ketidakseimbangan tingkat kecukupan zat gizi pada WUS akan berpengaruh pada status gizinya dan dapat menimbulkan masalah kesehatan. Sehingga, seorang WUS harus didukung makanan yang optimal baik kualitas maupun kuantitas sehingga kecukupan gizinya dapat terpenuhi. Angka Kecukupan Gizi (AKG) makronutrien dan mikronutrien serta penambahan kebutuhan zat gizi pada kondisi hamil dan menyusui yang harus dipenuhi WUS dijelaskan pada Tabel 2.1 (Kemenkes, 2019).

Tabel 2.1 Angka kecukupan gizi (AKG) wanita usia subur (WUS)

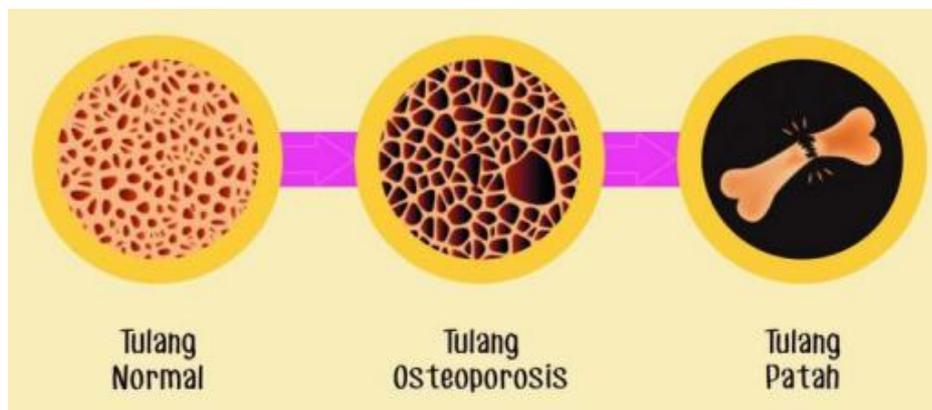
Zat Gizi	Kelompok Usia (Tahun)				Hamil (+an)			Menyusui (+an)	
	13-15	16-18	19-29	30-49	TM 1	TM 2	TM 3	6 bln pertama	6 bln kedua
Energi (kkal)	2050	2100	2250	2150	+180	+300	+300	+330	+400
Protein (g)	65	65	60	60	+1	+10	+30	+20	+15
Lemak (g)	70	70	65	60	+2.3	+2.3	+2.3	+2.2	+2.2
Karbohidrat (g)	300	300	360	340	+25	+40	+40	+45	+55
Vitamin A (RE)	600	600	600	600	+300	+300	+300	+350	+350
Vitamin D (mcg)	15	15	15	15	+0	+0	+0	+0	+0
Vitamin E (mcg)	15	15	15	15	+0	+0	+0	+0	+0
Vitamin C (mg)	65	75	75	75	+10	+10	+10	+45	+45
Vitamin B6 (mg)	1.2	1.2	1.3	1.3	+0.6	+0.6	+0.6	+0.6	+0.6
Vitamin B12 (mcg)	4	4	4	4	+0.5	+0.5	+0.5	+1	+1
Folat (mcg)	400	400	400	400	+200	+200	+200	+100	+100
Fe (mg)	15	15	18	18	+0	+9	+9	+0	+0
Kalsium (mg)	1200	1200	1000	1000	+200	+200	+200	+200	+200
Fosfor (mg)	1250	1250	700	700	+0	+0	+0	+0	+0
Magnesium (mg)	220	230	330	340	+0	+0	+0	+0	+0
Natrium (mg)	1500	1600	1500	1500	+0	+0	+0	+0	+0

Sumber : Kemenkes (2019)

Pada saat hamil dan menyusui, WUS sangat rentan terjadi gangguan keseimbangan kalsium karena meningkatnya kebutuhan kalsium saat kehamilan dan menyusui. Wanita usia subur sangat rentan kekurangan zat gizi akibat peningkatan kebutuhan, asupan yang tidak memadai, atau ketidaktahuan akan pentingnya asupan gizi terutama selama kehamilan dan menyusui. Status gizi WUS sangat penting karena berpengaruh terhadap kehamilan dan kesehatan anaknya. Kalsium dan vitamin D yang merupakan zat gizi penting untuk tulang perlu dipenuhi kebutuhannya pada WUS. Pada saat kehamilan, perlu penambahan mikronutrien berupa kalsium dan vitamin D berasal dari makanan maupun suplementasi kepadatan tulang ibu hamil tetap terjaga dan tidak menimbulkan risiko osteoporosis di kemudian hari (Silveira *et al.*, 2022).

Osteoporosis merupakan penurunan massa tulang yang dapat disertai gangguan struktur jaringan tulang dan berisiko menjadi patah tulang. Penurunan kepadatan tulang pada osteoporosis umumnya progresif. Osteoporosis merupakan “*silent disease*” massa tulang berkurang tanpa disadari yang dapat diketahui tiba-tiba karena tidak mengalami gejala khas dan tidak terdiagnosis karena gejala

berupa patah tulang dapat timbul jika kepadatan tulang turun lebih dari 30% (Kemenkes, 2020). Osteoporosis ditandai dengan densitas atau kepadatan serta kualitas tulang yang berkurang. Densitas atau kepadatan tulang merupakan jumlah mineral pada tulang, kualitas tulang berkaitan dengan arsitektur dan mineralisasi tulang. Kepadatan tulang dapat dinilai dengan beberapa peralatan. Tulang secara umum berisi kalsium, protein maupun kolagen. Kandungan tulang yang berkurang dapat mengakibatkan pengeroposan. Pengeroposan tulang dapat meningkatkan risiko kejadian patah tulang. Kondisi osteoporosis bila terjadi peningkatan penghancuran tulang namung tidak diimbangi dengan pembentukan kembali sehingga terjadi kerapuhan tulang(Kemenkes, 2020).



Gambar 2.1 Kondisi tulang pada penderita osteoporosis
Sumber : Infodatin Kemenkes RI 2020

World Health Organization (WHO) membuat klasifikasi tingkat keparahan pengeroposan tulang berdasarkan nilai *T-score* yang didapatkan dari pengukuran DMT. Nilai *T-score* yang lebih besar / sama dengan -1 SD dikategorikan normal. Nilai *T-score* di antara -1 SD hingga -2.5 SD dikategorikan osteopenia, jika nilai *T-score* di bawah -2.5 SD masuk dalam kategori osteoporosis (WHO, 2004). Menurut *International Osteoporosis Foundation* (IOF), 20% penderita fraktur akibat osteoporosis dapat meninggal dalam waktu satu tahun. Sebanyak sepertiga di antaranya terbaring di tempat tidur, sepertiga

membutuhkan bantuan untuk berdiri serta berjalan serta sisanya mendapatkan kesembuhan dan mampu beraktivitas (IOF, 2013). Osteoporosis dapat berdampak pada fisik, psikis atau kejiwaan, serta sosial ekonomi. Dampak fisik dari osteoporosis berupa bentuk tubuh dapat mengalami pemendekan/ bungkuk sehingga mengalami keterbatasan dalam beraktivitas. Dampak psikis yang dapat timbul berupa stress akibat keterbatasan aktivitas karena kesulitan bergerak. Sedangkan dampak sosial ekonomi dari osteoporosis antara lain kesulitan bersosialisasi karena keterbatasan gerak dan peningkatan beban ekonomi untuk perawatan terlebih lagi jika telah terjadi patah tulang (Kemenkes, 2020).

2.1.2 Mineralisasi Tulang

2.1.2.1 Struktur dan Fungsi Tulang

Tulang merupakan struktur penopang tubuh manusia. Tulang adalah salah satu jaringan berisi matriks tulang beserta sel-sel di dalamnya. Tulang disusun terutama oleh protein yang disebut kolagen serta mengandung mineral tulang. Berdasarkan bentuk dan ukuran, Pengelompokan tulang berupa tulang panjang, pendek, pipih dan ireguler (Lesmana *et al.*, 2018).

1. Tulang panjang (*Long bone*)

Tulang panjang memiliki bentuk panjang dengan ujung yang lebih besar dari struktur pada tengah tulang dan terdapat sumsum tulang. Tulang panjang terutama di temukan pada tulang bagian lengan serta kaki, yaitu di antaranya tulang humerus, radius, ulna, *femur*, *tibia*, serta *fibula*.

2. Tulang pendek (*Short bone*)

Tulang pendek memiliki struktur yang berbentuk bulat dan pendek. Tulang ini terbentuk dari jaringan yang padat atau kompak dan mempunyai kekuatan sebagai fungsinya di antaranya penyokong pergelangan kaki dan tangan. Tulang pendek dapat ditemukan pada tangan dan kaki misalnya tulang *karpal* dan tulang *tarsal*.

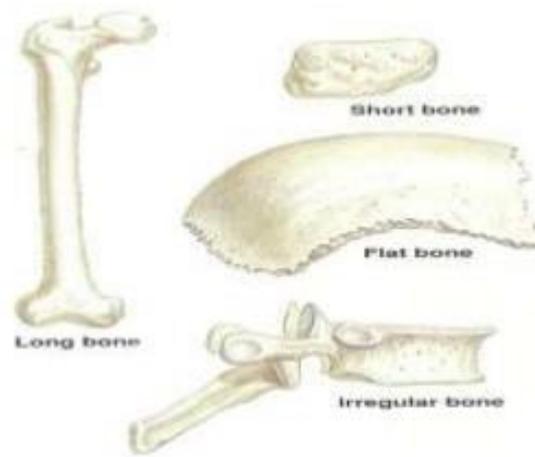
3. Tulang pipih (*Flat bone*)

Tulang ini mempunya permukaan yang luas dan memiliki fungsi sebagai pelindung berbagai organ tubuh misalnya jantung dan paru-paru. Tulang

ini memiliki bentuk yang pipih, contoh tulang ini antara lain *skapula*, *sternum*, dan tulang rusuk atau *costa*.

4. Tulang ireguler (*Irregular bone*)

Jenis tulang ini bervariasi dan tidak reguler bentuknya. Tulang ini sangat penting yang salah satu perannya dalam persendian dan perekatan otot. Jenis tulang ini antara lain tulang belakang yang membantu menyokong dan melindungi medula spinalis.



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk tulang

Sumber : Lesmana *et al.* (2018)

Tulang merupakan jaringan bermineral yang memiliki matriks yang terdiri dari 3 sel-sel tulang yaitu :

1. *Osteosit*

Merupakan sel-sel penyusun rongga pada bagian isi tulang yang diselimuti kapsul berfungsi sebagai penghubung sel dan kapsul yang lain serta memiliki banyak tonjolan masuk ke dalam saluran. Sel ini berbentuk besar dan mampu bergerak.

2. Osteoblas

Sel tulang ini merupakan pembentuk dari struktur tulang serta mengeluarkan kolagen dan dalam proses mineralisasi matriks.

3. Osteoklas

Sel ini merupakan penghancur yang berperan pada proses penyerapan kembali struktur tulang dari sumsum tulang.

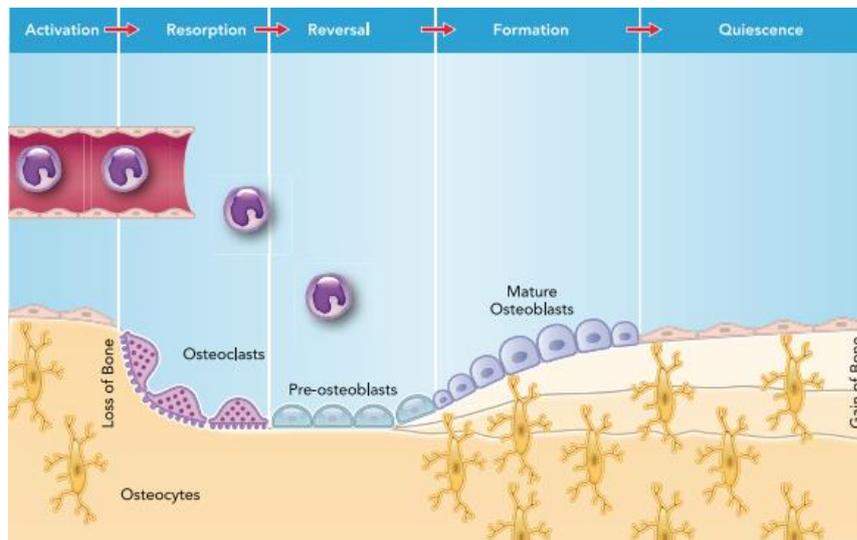
Tulang merupakan jaringan pokok dalam kerangka tubuh manusia yang memiliki fungsi antara lain (Lesmana *et al.*, 2018) :

1. Memberi bentuk tubuh
2. Penyangga tubuh
3. Pelindung, tulang tengkorak berperan penting untuk melindungi otak dan menjaganya agar tetap aman pada posisinya, selain itu tulang vertebra melindungi spinal cord serta tulang rusuk berperan dalam melindungi organ-organ dalam rongga dada.
4. Pergerakan, tulang berkaitan dengan otot melalui tendon yang bersama-sama melaksanakan fungsi pergerakan.
5. Penyimpanan, tulang menyimpan mineral-mineral penting berupa kalsium, fosfat, potassium, sodium, sulfur, serta magnesium.
6. Membentuk sel darah atau hematopoiesis.

2.1.2.2 Remodeling Tulang (*Bone Remodelling*)

Tulang akan melakukan proses remodeling secara kontinu di mana matriks akan diserap yang kemudian dibentuk kembali. Proses ini dimulai sejak kelahiran secara kontinu terjadi secara seimbang. Siklus remodeling tulang menjaga integritas kerangka tubuh melalui suatu mekanisme keseimbangan. Sel osteoblast berfungsi sebagai pembentuk tulang dan osteoklas sebagai penyerap tulang (Crockett *et al.*, 2011). Proses pembentukan terjadi bila jaringan tulang lama digantikan oleh jaringan baru oleh osteoblast, sedangkan saat proses penyerapan kembali maka jaringan tulang lama mengalami penghancuran oleh osteoklas. Peran osteoblast dan osteoklas di regulasi oleh hormon *calcitonin*, paratiroid, estrogen dan testosterone serta vitamin D (Partridge, 2022).

Proses remodeling tulang mengikuti koordinasi fase-fase proses yang berbeda dan berurutan. Siklus remodeling terdiri dari enam fase berurutan yaitu *quiescence*, *activation*, *resorption*, *reversal*, *formation*, dan *termination*. Aktifasi mendahului fase resorpsi dengan mineralisasi sebagai langkah terakhir (Partridge, 2022).



Gambar 2.3 *Bone remodelling*
Sumber : Partridge (2022)

2.1.2.3 Metabolisme Kalsium

Mineral kalsium merupakan zat gizi yang utama pada proses metabolisme tubuh terutama terkait tulang. Kebutuhan kalsium berbeda pada saat pertumbuhan. Mineral kalsium yang tidak mencukupi kebutuhan serta kurangnya vitamin D saat pertumbuhan dapat menimbulkan penyakit tulang, *osteopenia kortikal* serta dapat mengakibatkan retak atau bahkan tulang menjadi rapuh. Keberadaan mineral kalsium dalam tubuh berhubungan dengan vitamin D di mana asupan kalsium yang kurang dalam proses pembentukan tulang dapat berkaitan dengan optimalisasi massa tulang puncak yang akan dicapai. Penyerapan kalsium di usus dapat berkaitan dengan berbagai aspek di mana bila kalsium dibutuhkan semakin besar dan asupan kalsium tidak adekuat maka penyerapan kalsium di usus akan semakin tinggi (Sari, 2016).

Mineral kalsium akan dipertahankan dalam suatu keseimbangan yang di regulasi oleh berbagai hal di antaranya keterlibatan hormon seperti paratiroid, kalsitonin disertai peran vitamin D. Kelenjar paratiroid memiliki membrane di mana terdapat sensor kalsium berfungsi sebagai pendeteksi kadar kalsium dalam darah. Reseptor kalsium akan diaktivasi pada kondisi kalsium darah yang tinggi, selanjutnya fosfolipase A₂, *arakidonat acid*, dan *leukotriene* akan dilepaskan. Fungsi dari *leukotrien* yaitu sebagai inhibitor sekresi hormon paratiroid dengan mengurangi *granul sekretori* sebanyak 90% dimana terkandung hormon paratiroid. Reseptor kalsium tidak mengalami aktivasi jika kalsium dalam darah dalam kadar yang rendah. Hormon paratiroid selanjutnya akan terikat pada reseptor yang terdapat pada target organ yang reseptor tersebut terdapat pada ginjal dan tulang. Reabsorpsi kalsium dapat mengalami peningkatan diakibatkan kerja hormon paratiroid pada ginjal. Hormon tersebut meningkatkan pengurangan tulang melalui sel osteoblast. *Hidroksilasi 25-OH-vitamin D₃* berubah ke bentuk aktifnya yaitu *kalsitriol* juga efek dari hormon paratiroid. *Kalsitonin* memberikan efek yang bertentangan dengan hormon paratiroid terkait kalsium. Kerja sel osteoklast dihambat oleh *kalsitonin* sehingga terjadi pengurangan resorpsi tulang serta peningkatan pengeluaran kalsium oleh ginjal. *Kalsitonin* dapat menyebabkan penurunan kalsium dalam darah. Kebutuhan kalsium yang meningkat pada masa pertumbuhan, kehamilan, maupun menyusui dapat menyebabkan absorpsi kalsium yang meningkat (Sari, 2016).

2.1.2.4 Metabolisme Vitamin D

Pembentukan vitamin D merupakan metabolisme kompleks yang melibatkan banyak faktor. Sumber vitamin D dari asupan makanan maupun yang ada di kulit selanjutnya akan diserap menuju peredaran darah oleh suatu protein yang dapat mengikat vitamin D. Selanjutnya vitamin D akan dibawa ke hati dan di ubah menjadi *25-hydroxyvitamin D (25(OH)D)*. Kemudian bentuk *25-hydroxyvitamin D* mengalami hidroksilasi dibantu enzim *25-hydroxyvitamin D-1 α -hydroxylase (1-OHase/ CYP27B1)* yang kemudian berubah ke bentuk yang aktif (*1,25- dihydroxyvitamin D*). Vitamin dalam bentuk *D-24-hydroxylase (24OHase/CYP24A1)* berubah menjadi inaktif berupa *calcitroic acid (1,24,25*

hydroxyvitamin D) yang dikeluarkan oleh empedu dan ginjal. Formasi vitamin D dalam sirkulasi terbanyak dalam bentuk serum 25(OH)D yang dapat dinilai kadarnya untuk melihat status vitamin. Mineral berupa kalsium, fosfor, atau *fibroblast growth faktor 23* memengaruhi produksi serum 25 (OH)D pada ginjal dalam suatu proses *negative feedback* serta dapat menurunkan pembentukan atau pengeluaran dari hormon paratiroid (Sari, 2016).

Vitamin D bersumber dari pajanan terhadap sinar matahari, makanan yang dimakan sehari-hari, maupun suplementasi. Makanan yang mengandung minyak ikan yang tinggi dapat menurunkan risiko kekurangan vitamin D. Sinar matahari dalam bentuk Ultra Violet B (UVB) yang memiliki gelombang 290-315 nm merupakan sumber vitamin D yang baik. Cahaya matahari yang masuk melalui kulit akan mengubah 7-dehydrocholesterol ke previtamin D3 setelah pajanan selama 30 menit, yang selanjutnya akan diubah ke vitamin D3 (Sari, 2016).

2.1.3 Densitas Mineral Tulang

Densitas mineral tulang (DMT) atau *Bone Mineral Density* (BMD) merupakan ukuran isi mineral anorganik dalam tulang pada suatu area atau volume tulang. DMT merupakan salah satu penilaian kualitas tulang yang informatif. Pengukuran DMT menilai kepadatan tulang sehingga mengetahui seberapa kuat tulang seseorang. Densitas tulang pada usia lanjut merupakan hasil mineralisasi yang diperoleh ketika *peak bone mass* dikurangi mineral yang mengalami pengeroposan. Wanita usia remaja mengalami peningkatan kepadatan tulang yang sangat cepat pasca menarche, pada laki-laki proses peningkatan yang cepat ini sekitar umur 13-17 tahun (Kranjoti *et al.*, 2019).

Penilaian DMT adalah penilaian yang akurat dan tepat untuk membantu mendiagnosis osteoporosis dan juga menilai risiko terjadinya fraktur. Hasil penilaian DMT dapat berbeda pada tiap tempat pengukuran yang menjadi prediktor utama fraktur pada tempat tertentu tersebut. *World Health Organization* (WHO) menentukan kriteria tingkat hasil pengukuran kepadatan tulang berdasarkan nilai *T-score*. Nilai *T-score* yang lebih besar / sama dengan -1 SD

dikategorikan normal. Nilai *T-score* diantara -1 SD hingga -2.5 SD dikategorikan osteopenia, jika nilai *T-score* kurang dari -2.5 SD masuk dalam kategori osteoporosis (Kemenkes, 2020).

Alat pengukur DMT adalah *bone densitometry* yang digunakan untuk menilai kondisi matriks tulang bagaimana kepadatannya. Terdapat berbagai metode pengukuran DMT antara lain (Kranioti *et al.*, 2019) :

1. Radiografi / *X-ray*

Penyerapan sinar-X sebanding dengan jumlah kalsium yang ada dalam tulang, penurunan masa tulang terjadi setelah pengurangan 20%-40% pada DMT. Sinar-X dapat memvisualisasi morfologi kasar namun tidak mengevaluasi derajat pengeroposan tulang secara kuantitatif. Parameter utama yang dapat dinilai dari pemeriksaan menggunakan sinar-X adalah pola trabekular, penipisan kortikal, peningkatan radiolusen yang dapat berkaitan dengan osteopenia dan osteoporosis. Penggunaan utama metode ini adalah untuk mengidentifikasi adanya fraktur, kelainan atau kondisi patologis lainnya misalnya osteoporosis.

2. *Single-energy Photon Absorptiometry (SPA) and Dual-energy Photon Absorptiometry (DPA)*

Single-energy Photon Absorptiometry (SPA) menilai DMT secara kuantitatif karena hanya memancarkan unsur radioisotope I dengan energi *photon* rendah yang hanya melalui struktur jaringan lunak yang tipis misalnya distal tulang radius dan *kalkaneus*. Tulang sentral tidak dapat diukur kepadatannya dengan alat ini. Metode DPA menyerupai metode SPA namun berbeda pada sumber energinya yaitu *photon* memiliki tingkatan energi dua kali sehingga dapat menikai tulang yang lebih kompleks misalnya pada *cervikal, vertebra*, maupun *femur*.

3. *Neutron Activation*

Teknik ini didasarkan pada aktivasi ^{48}Ca menjadi ^{49}Ca dan kuantifikasi sinar γ . Metode ini memberikan perkiraan kandungan kalsium tulang, karena 98% kalsium dalam tubuh berasal dari kerangka.

4. *Single-energy X-ray Absorptiometry (SXA)* dan *Double-energy X-ray Absorptiometry (DXA)*

Teknik ini berguna dalam menilai kepadatan tulang di perifer, contohnya di pergelangan tangan mau digunakan untuk mengukur densitas tulang pada bagian perifer, misalnya pada tumit atau pergelangan tangan. Metode ini menggunakan alat dengan sumber photon yang mampu menembus jaringan tulang yang dinilai.

5. *Quantitative computed tomography (QCT)*

Quantitative computed tomography (QCT) adalah metodologi alternatif untuk DXA untuk akurasi penilaian DMT. Keuntungan metode berbasis CT ini memungkinkan untuk mengidentifikasi artefak yang diciptakan oleh penyakit sendi degeneratif atau kalsifikasi arteri pada usia lanjut serta membatasi pengukuran pada tulang trabekula yang tidak mungkin dilakukan dengan metode DXA.

6. *Magnetic resonance imaging (MRI)*

Hasil metode MRI tulang dapat divisualisasi sebagai ruang berintensitas rendah di jaringan lunak berintensitas tinggi. Dengan metode ini beberapa parameter kepadatan tulang dan arsitektur mikro dapat diukur. Keuntungan utamanya adalah kurangnya paparan terhadap radiasi pengion.

7. *Quantitative ultrasound (QUS)*

Perbedaan utama QUS dengan metode yang lain adalah tidak adanya gambar yang dibuat. Perambatan gelombang menyebabkan perpindahan dalam medium yang sebanding dengan sifat elastis dan kerapatan massa. Umumnya lokasi QUS yaitu pada tulang kalkaneus dan phalanx, namun tulang Panjang lainnya juga dapat dinilai misalnya poros tengah tibia dan radial.

2.1.4 Faktor yang Memengaruhi Densitas Mineral Tulang

1. Usia

Usia merupakan penyebab penting rendahnya DMT. Aktivitas osteoblast dan osteoklas dalam remodeling tulang dijaga keseimbangannya oleh

hormone steroid yang konstan pada sel-sel tulang. Fungsi osteoblast akan mengalami penurunan dan pengurangan pembentukan tulang, namun osteoklas sangat aktif menjadikan kondisi *high turnover*. Penuaan dimana terjadi defisiensi hormon estrogen dapat mengganggu keseimbangan regulasi remodeling tulang. Estrogen mempengaruhi resorpsi tulang dan dapat menghambat proses pengeroposan tulang (Wangko & Kalangi, 2012).

2. Jenis Kelamin

Wanita dapat mengalami pengurangan massa tulang yang lebih daripada laki-laki diakibatkan periode menopause kecepatan pengurangan massa tulang mengalami peningkatan. Jika pada periode sebelum menopause massa tulang yang tidak adekuat dan setelah menopause laju pengurangan meningkat dan meningkatkan risiko osteoporosis (Xiao *et al.*, 2020).

3. Tingkat Pendidikan

Pengetahuan seseorang berperan penting terhadap status kesehatan tulang. Baiknya tingkat pendidikan dan pengetahuan, akan berpengaruh pada pengetahuan terkait makanan apa yang baik dikonsumsi dan pemenuhan gizi apa saja untuk menjaga kesehatan tulangnya. Pengetahuan berpengaruh secara tidak langsung dalam mencegah osteoporosis melalui asupan makanan yang dikonsumsi untuk menjaga kepadatan tulang (Mega Nur Cahyaningsih *et al.*, 2017)

4. Paritas

Faktor reproduksi, kondisi memberikan ASI, serta menstruasi berkaitan terhadap penurunan kadar kalsium dalam tulang. Pada kondisi hamil serta memberikan ASI mengakibatkan persediaan mineral tulang terutama kalsium diambil untuk kebutuhan janin maupun bayi. Tingginya paritas berisiko untuk penurunan DMT yang semakin tinggi juga (Limbong & Syahrul, 2014).

5. Status Gizi

Penilaian antropometri bertujuan untuk menilai status gizi yaitu salah satunya dengan pengukuran indeks massa tubuh (IMT) yang dapat dinilai melalui pengukuran tinggi badan dan panjang badan. Tidak normalnya berat badan seseorang meningkatkan risiko osteoporosis. Lemak *subkutan* dan lemak *visceral* yang berlebihan dapat meningkatkan peradangan sistemik yang dapat memicu pengeroposan tulang, selain itu terkait tingginya kadar sitokin proinflamasi yaitu *TNF* dan *IL-6* yang dapat meningkatkan resorpsi tulang dan meningkatkan risiko osteoporosis (Mazocco & Chagas, 2017). Kelebihan berat badan dapat menyebabkan perubahan metabolisme berupa resistensi insulin dan produksi hormon androgen dan estrogen yang berlebihan sehingga mengurangi aktivitas osteoblast. Selain itu kelebihan produksi *adipokin* atau kadar *leptin* yang terkait asupan tinggi lemak dapat berkontribusi terhadap peningkatan penyerapan kalsium usus (Cristina & Longo, 2020).

6. Asupan Gizi

a. Kalsium

Mineral tulang memiliki kandungan berupa kalsium dan fosfor sebanyak 80-90%, kalsium merupakan mineral yang berperan dalam kejadian osteoporosis. Keseimbangan kalsium di tubuh diregulasi hormon paratiroid. Kadar kalsium darah yang normal menunjukkan keseimbangan mineralisasi. Penurunan DMT diakibatkan adanya penurunan penyerapan kalsium tubuh yang dapat terjadi setelah menopause serta konsumsi asupan kalsium yang sedikit. Kalsium juga dapat diekskresi lewat kulit, urin, dan tinja. Hormon *paratiroid* (PTH) dalam tubuh akan keluar pada kadar kalsium darah yang kurang dan akan menyerap cadangan kalsium tubuh. Susu beserta hasil olahan susu merupakan sumber kalsium yang utama. Susu sapi yang mengandung kalsium sekitar 120 mg/100g (Rondanelli *et al.*, 2022). Selain itu, kalsium juga ditemukan pada produk non susu seperti ikan, telur, sayuran hijau, tahu, kedelai, kerang (Damayanthi *et al.*, 2008).

b. Fosfor

Mempertahankan homeostasis fosfor ekstraseluler sangat penting untuk kesehatan tulang. Kekurangan fosfor kronis dapat menyebabkan demineralisasi tulang dan pengeroposan tulang melalui resorpsi. Faktor penting dalam menilai kesehatan tulang adalah penilaian rasio kalsium majanan terhadap fosfor makanan, karena rasio ini ditemukan berkorelasi positif dengan DMT di tulang femur pria usia diatas 50 tahun dan wanita premenopause. Sumber makanan yang kaya fosfor antara lain susu sapi, ikan, telur, gandum, keju, cokelat, jamur (Rondanelli *et al.*, 2022).

c. Magnesium

Magnesium adalah mineral yang juga penting dalam tubuh manusia setelah kalsium, natrium dan kalium. Magnesium berada pada tulang (53%), otot (27%), jaringan lunak (19%) dan kurang dari 1% berada pada serum. Magnesium berfungsi sebagai koenzim salah satunya dalam konversi vitamin D yang berperan memetabolisme kalsium dan peran pendukung dalam fungsi normal kelenjar paratiroid. Sumber makanan dengan kandungan magnesium misalnya pada sayuran berwarna hijau seperti bayam, kacang-kacangan seperti almond dan kacang mete, serta labu.

d. Vitamin D

Vitamin D berkaitan dengan kesehatan tulang. Vitamin D mengatur kalsium dan fosfor agar tersedia di dalam darah dalam proses pembentukan tulang. Penyerapan kalsium di usus dapat ditingkatkan dengan bantuan vitamin D. Vitamin D memiliki bentuk berupa vitamin D₃ (*cholecalciferol*) dan vitamin D₂ (*ergocalciferol*). Vitamin D yang terkandung di bahan makanan sebaagian besar dalam bentuk vitamin D₃ di mana 25(OH)D₃ merupakan bentuk metabolismenya. Sumber hewani adalah makananyang mengandung vitamin D berbentuk *kolekalsiferol*. Ikan-ikanan yang berlemak misalnya ikan salmon, ikan tuna, serta

mackerel dan juga minyak hatinya merupakan sumber vitamin D yang baik. Kuning telur, keju dan hati mengandung sedikit vitamin D. Kondisi kekurangan vitamin D merupakan kondisi di mana asupan vitamin D yang tidak mencukupi kebutuhan tubuh. Sinar matahari berperan penting dalam konversi bentuk 25(OH)D ke bentuk yang aktif. Kekurangan vitamin D dapat pula berkaitan dengan kondisi alergi pada makanan tertentu misalnya atau kuning telur, intoleransi laktosa, dan diet vegan.

e. Vitamin C

Vitamin C berperan meningkatkan penyerapan kalsium dan membuat kalsium terjaga di bentuk larutan serta vitamin C mendukung pertumbuhan osteoblast. Asupan vitamin C cukup tidak hanya bermanfaat dalam meningkatkan kesehatan tulang secara umum, tetapi juga dapat mencegah *osteopenia* dan osteoporosis serta kejadian patah tulang atau fraktur. Buah-buahan dan sayuran adalah sumber vitamin C yang terbaik (Rondanelli *et al.*, 2022).

f. Protein

Peningkatan asupan protein melebihi nilai yang direkomendasikan yaitu 0.8-0.9 g/kg/hari pada kondisi tertentu misalnya usia tua, bermanfaat untuk kesehatan tulang karena terjadi peningkatan DMT dan *bone turnover* sehingga risiko patah tulang lebih rendah. Asupan protein yang cukup setidaknya 1 g/kgbb sangat penting untuk mempertahankan DMT yang memadai dan kekuatan massa otot. Oleh karena itu, asupan makanan harus mengandung makanan dengan protein hewani dan protein nabati untuk mencegah penurunan densitas tulang dan kehilangan otot (Rondanelli *et al.*, 2022).

7. Gaya Hidup.

a. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik memiliki manfaat yang baik bagi kesehatan individu, termasuk tulang yang sehat. Aktivitas fisik yang rendah meningkatkan

risiko penurunan DMT. Kurangnya aktivitas fisik memacu pengurangan massa tulang, namun upaya berolahraga dapat menyokong beban tubuh dan membuat peningkatan massa tulang. Selama latihan fisik, kekuatan yang ditransmisikan melalui kerangka pada tulang menghasilkan sinyal mekanis yang dikenali oleh osteosit selanjutnya akan memicu serangkaian respons biokimia yang menyebabkan peningkatan pergantian tulang (*bone turnover*). Pada orang dewasa yang ingin mencegah pengeroposan tulang dan menjaga kekuatan otot, direkomendasikan melakukan tiga hingga empat kali dalam satu minggu dengan durasi 30-40 menit aktivitas tertentu seperti menari, aerobic, jogging, berjalan, dan olahraga permainan. Selain itu, latihan menggunakan *treadmill*, latihan keseimbangan misalnya *tai chi*, yoga atau pilates juga merupakan Latihan yang bagus untuk memperkuat tulang. Untuk pasien osteoporosis, rekomendasi program Latihan berfokus pada postur, keseimbangan, koordinasi, serta stabilisasi pinggu dan batang tubuh yang harus diawasi oleh dokter atau fisioterapis yang dirancang berdasarkan kebutuhan dan kemampuan spesifik masing-masing individu yang mengalami osteoporosis (Rondanelli *et al.*, 2022).

b. Konsumsi Kafein

Kafein banyak terkandung dalam kopi dan juga teh. Kebiasaan minum kopi maupun teh yang melebihi satu cangkir dalam sehari dapat meningkatkan kejadian osteoporosis. Zat kafein berkaitan dengan penghambatan absorpsi kalsium dan peningkatan ekskresi cadangan kalsium melalui urin dan feses. Kafein yang dikonsumsi 300-400 mg dalam sehari berisiko mengganggu keseimbangan metabolisme kalsium. Saat ini tren dewasa muda terkait kebiasaan minum kopi meningkat seiring hadirnya pengaruh sosial media dan pergaulan. Banyak masyarakat yang belum mengetahui bahwa konsumsi kafein berlebihan dapat mengganggu kesehatan tulang. Konsumsi kafein yang berlebihan disertai kurangnya asupan kalsium, fosfor, vitamin D membuat kaum dewasa muda tersebut lebih berisiko terkena osteoporosis di masa tua nya (Limbong & Syahrul, 2014).

Selain terkandung dalam minuman kopi dan teh, kafein juga terkandung dalam *soft drink* atau minuman berkarbonasi (Berawi & Dzulfiqar, 2017). *Soft drink* atau minuman berkarnonasi juga mengandung asam fosfat, aspartame, saccharine serta karbon dioksida (Hurria *et al.*, 2021). Kandungan asam fosfat dalam *soft drink* menurunkan peyerapan kalsium dan menyebabkan tubuh kehilangan kalsium. Asam fosfat yang terkandung dalam *soft drink* merupakan pengikat kalsium. Asam fosfat akan menghilangkan kalsium dan magnesium dari tulang dan dapat menyebabkan penurunan kepadatan tulang (Hurria *et al.*, 2021).

c. Paparan Sinar Matahari

Kekurangan vitamin D adapat diakibatkan oleh paparan sinar matahari yang tidak cukup yang mengakibatkan penurunan pembentukan vitamin D pada kulit. Vitamin D bersumber dari makanan tidak banyak sehingga kebutuhan vitamin D dalam tubuh tidak cukup jika hanya berasal dari makanan atau diet (Rondanelli *et al.*, 2022). Paparan kulit minimal 30 menit (tanpa tabir surya) dari lengan dan wajah hingga tengah hari akan cukup untuk kebutuhan harian. Vitamin D yang disintesis di kulit dapat tahan 2x lebih lama di tubuh daripada dari sumber asupan makanan atau suplemen (Harinarayan, 2019). Vitamin D akan diaktifkan dengan bantuan cahaya matahari. Pajanan terhadap sinar matahari yang cukup untuk anak dan orang dewasa di Indonesia yaitu paparan matahari di waktu pagi hari dari saat terbit hingga pukul 09.00 dan waktu sore hari pukul 15.00 hingga matahari terbenam, dengan durasi 10 sampai 15 menit sebanyak 3 kali dalam seminggu (Kemenkes, 2018). Sinar ultraviolet (UV) merupakan sumber vitamin D terbaik namun juga penyebab utama kanker kulit. Paparan sinar matahari direkomendasikan cukup dengan beberapa menit dan pada area wajah, lengan, dan tangan atau area yang setara untuk mengurangi risiko kanker kulit akibat terlalu banyak paparan sinar matahari (Verma *et al.*, 2022).

d. Merokok

Merokok memiliki dampak buruk yang luas terhadap kesehatan.

Kebiasaan merokok dapat mengganggu kesehatan tulang terkait efek racun dalam rokok yang menghambat kerja hormon *calcitonin* dan menghambat pembentukan tulang baru (Kemenkes, 2020).

2.1.5 Penilaian Status Gizi Metode Antropometri

Metode untuk menilai status gizi antara lain secara antropometri, biokimia, kondisi klinis, survei konsumsi pangan serta faktor ekologi/lingkungan. Tingkatan kekurangan atau kelebihan gizi dapat digambarkan dengan penilaian status gizi. Metode untuk menentukan status gizi pada kelompok usia dewasa dengan menilai ukuran seperti berat dan tinggi badan adalah metode antropometri. Hasil pengukuran antropometri merujuk pada standar / rujukan yang telah ditetapkan (Thamaria, 2017).

Hasil penilaian Indeks Massa Tubuh (IMT) dapat menentukan kriteria berat badan yang normal untuk orang dewasa. Indeks Massa Tubuh adalah instrumen yang digunakan sebagai peantau status gizi untuk usia dewasa yang terkait berat badan yang berlebih atau kurang. Indeks massa tubuh digunakan pada orang dewasa yang berusia lebih dari 18 tahun. Perhitungan IMT dengan rumus berat badan dalam kilogram dibagi dengan kuadrat tinggi badan dalam meter lalu kemudian dikategorikan berdasarkan ambang batas IMT (Supriasa *et al.*, 2020). Kategori batas IMT dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kategori ambang batas IMT

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 - <18,5
Normal		18,5-25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	>25,0-27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27,0

Sumber : Penilaian Status Gizi (Depkes RI, 1994)

2.1.6 Penilaian Asupan Gizi Metode *Food Recall 24 Hours*

Asupan gizi seseorang dapat dinilai melalui survei konsumsi. Terdapat beberapa bentuk survei konsumsi pangan antara lain *food recall 24 hours*, *food record*, *food weighing*, *dietary history*, *food account*, *food frequency questionnaire* (FFQ), *semi qualitative food frequency questionnaire* (SQ-FFQ). Metode *Food Recall 24 hours* atau ingatan makanan merupakan cara menilai konsumsi dengan cara subjek mengingat makanan dan minuman yang dikonsumsinya selama 24 jam terakhir secara keseluruhan. Kunci utama metode ini adalah kemampuan mengingat yang baik. Metode ini sebaiknya dihindari pada lanjut usia dan anak usia kurang dari 8 tahun atau 13 tahun karena kemampuan mengingat yang mungkin lemah (Sirajuddin *et al*, 2018).

Metode ini adalah cara yang berupaya mengingat semua makanan yang di makan atau di minum dalam jangka waktu 24 jam terakhir. Pangan yang dilaporkan berupa namaka makanan, jumlah porsi dalam ukuran rumah tangga (URT), serta bahan dari makanan tersebut. Metode ini efektif serta mudah dan dapat digunakan baik pada rumah tangga maupun masyarakat. Metode ini dapat digunakan sebagai skrining asupan zat gizi seseorang. (Sirajuddin *et al*, 2018).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian dahulu yang telah meneliti faktor-faktor yang memengaruhi DMT dijelaskan pada Tabel 2.3.

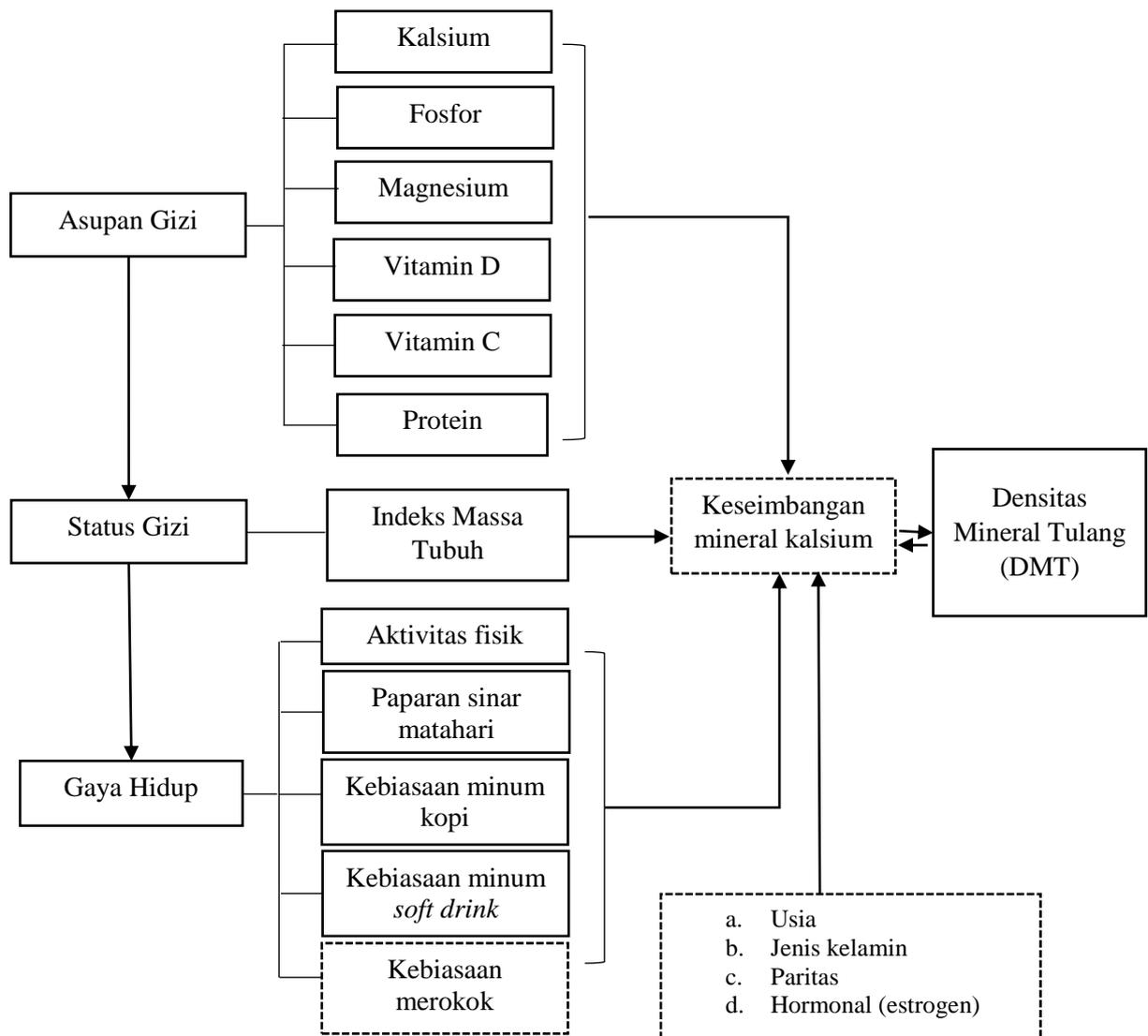
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu

No	Judul (Peneliti dan Tahun)	Analisis Data	Hasil
1.	Gambaran Densitas Mineral Tulang (DMT) pada Kelompok Dewasa Awal (19-25 Tahun) (Studi di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro) (Cahyaningsih <i>et al</i> , 2017)	Statistik deskripsi untuk mengetahui gambaran status densitas mineral tulang pada mahasiswa.	Nilai densitas mineral tulang mahasiswa (n=95) menunjukkan kategori osteoporosis sebanyak 22,1%, osteopenia 21,1%, dan normal 56,8%.
2.	<i>The Relationship Between Calcium And Vitamin D Consumption Levels With Bone Density In Undergraduate Nutrition Students ITS PKU Muhammadiyah Surakarta</i> (Wahyuningsih <i>et al</i> , 2021)	Analisis menggunakan uji <i>Rank Spearman</i> untuk mengetahui hubungan tingkat konsumsi kalsium dan vitamin D dengan DMTan.	Tidak ada hubungan tingkatan konsumsi kalsium dengan densitas tulang ($p=0,234$) tidak terdapat korelasi antara tingkat konsumsi vitamin D dengan kepadatan tulang dengan nilai ($p=0,44$).
3.	Hubungan Komposisi Tubuh dengan Kepadatan Tulang Wanita Usia Subur di Kota Bandung (Laras <i>et al.</i> , 2017)	Uji kolerasi pearson menganalisis korelasi antara komposisi dengan DMT	Terdapat hubungan positif antara total lemak tubuh dengan kepadatan tulang (p -value 0,006) dengan keeratan (0,327) serta ada hubungan negatif antara <i>lean mass</i> dan kepadatan tulang (p -value 0,006) dengan keeratan (-0,328).

No	Judul (Peneliti dan Tahun)	Analisis Data	Hasil
4.	Hubungan Asupan Kalsium dan Indeks Massa Tubuh dengan Kepadatan Tulang pada Wanita Usia Subur (Aini <i>et al.</i> , 2022)	Uji Spearman untuk menganalisis hubungan setiap variabel dengan kepadatan tulang	Terdapat korelasi asupan kalsium dengan DMT pada WUS (p-value=0,000, r=0,687) serta terdapat hubungan IMT dengan DMT pada WUS (p-value =0,000, r=0,596)
5.	Hubungan Tingkat Aktivitas fisik, Jumlah Asupan Vitamin D dan Kalsium Terhadap Densitas Tulang Remaja Putri di SMA Negeri Kecamatan Tilatang Kamang Kabupaten Agam (Kadri, 2017)	Uji statistik <i>Chi square</i> menganalisis hubungan variabel bebas dan terikat	Terdapat korelasi positif antara asupan kalsium dan vitamin D dengan DMT remaja putri
6.	<i>Factors Associated With Bone Mineral Density In Adults: A Cross-Sectional Population-Based Study</i> (Segheto KJ <i>et al.</i> , 2020)	Hubungan antara BMD dengan variabel bebas dianalisis menggunakan <i>simple</i> dan <i>multiple regression</i> dengan signifikansi nilai p <0.05	Faktor yang berhubungan dengan BMD pada laki-laki adalah usia, warna kulit, status gizi, dan vitamin D, sedangkan pada perempuan yaitu usia, warna kulit, status gizi dan penggunaan kontrasepsi.

No	Judul (Peneliti dan Tahun)	Analisis Data	Hasil
7.	<i>Prevalence and Risk Factors of Osteoporosis in Bahrain: A Cross-sectional Study among Young Female Attending Primary Care Centers</i> (Alsayyad <i>et al.</i> , 2021)	Statistik deskriptif untuk mengetahui distribusi frekuensi variabel, serta <i>Fisher's exact tests</i> untuk menganalisis perbedaan antar kelompok.	Sebanyak 66% memiliki DMT normal, 29% <i>osteopenia</i> , 3,8% osteoporosis dan 1,1% osteoporosis parah. Riwayat patah tulang dan menopause dini lebih tinggi pada kelompok osteoporosis berat ($p < 0,01$).
8.	<i>Significant association factors of bone mineral density in Taiwan adults</i> (Chuanga <i>et al.</i> , 2020)	Analisis data menggunakan regresi linier multipel untuk menganalisis hubungan DMT dengan variabel bebas.	Faktor yang berkorelasi positif terhadap DMT adalah IMT, jenis kelamin laki-laki, kalsium, dan <i>kreatinin</i> . Faktor yang berkorelasi negatif dengan DMT adalah usia, ALP, <i>triiodothyronine</i> , riwayat hiperlipidemia.

2.3 Kerangka Teoritis



Gambar 2.4 Kerangka teoritis faktor-faktor yang memengaruhi densitas mineral tulang (DMT)

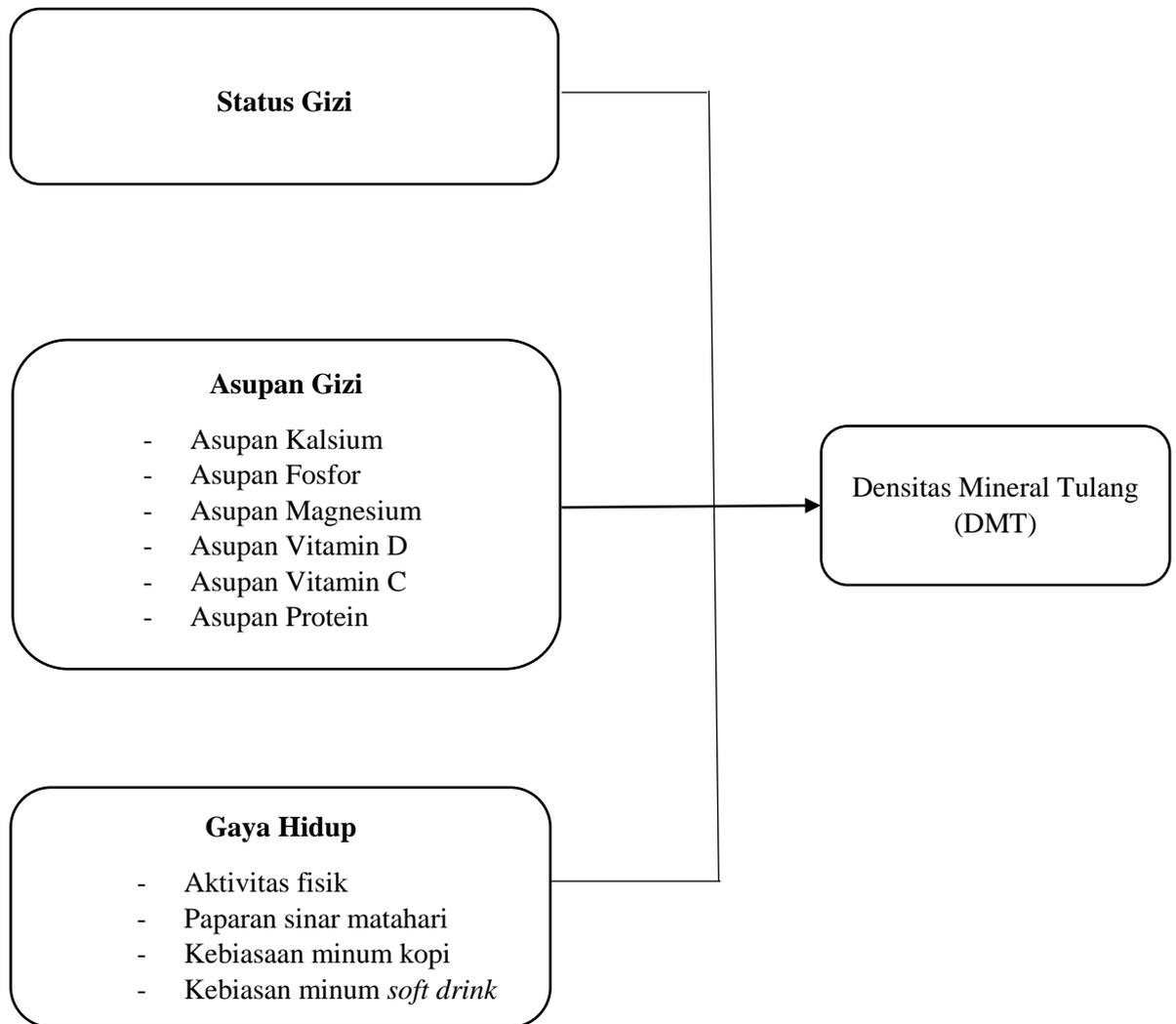
Sumber : Chuanga *et al.*, (2020), Alsayyad *et al.*, (2021), Cristina & Longo, (2020), Rondanelli *et al.*,(2022), Kadri, (2017), Alshanbari *et al.*, (2018)

Keterangan :

Variabel yang dianalisis

Variabel yang tidak dianalisis

2.4 Kerangka Konsep Operasional



Gambar 2.5 Kerangka konsep faktor-faktor yang memengaruhi densitas mineral tulang (DMT)

2.5 Hipotesis

1. Status gizi memengaruhi densitas mineral tulang (DMT) mahasiswa Universitas Lampung.
2. Asupan gizi berupa asupan kalsium, asupan fosfor, asupan magnesium, asupan vitamin D, vitamin C dan asupan protein memengaruhi densitas mineral tulang (DMT) mahasiswa Universitas Lampung.
3. Gaya hidup berupa aktivitas fisik, paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi dan kebiasaan minum *soft drink* memengaruhi densitas mineral tulang (DMT) mahasiswa Universitas Lampung.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan metode survei secara *cross sectional* di mana pengukuran faktor-faktor yang memengaruhi DMT yang dilakukan pada waktu yang sama. Pendekatan *cross sectional* melihat hubungan antara faktor risiko dan efeknya terhadap suatu kondisi kesehatan pada waktu yang sama (Irmawartini & Nurhaedah, 2017).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

a. Waktu Penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Maret 2022.

b. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan Universitas Lampung dikarenakan subyek penelitian ini adalah mahasiswi Universitas Lampung.

3.3 Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas / Independen

Variabel bebas meliputi status gizi, asupan kalsium, asupan fosfor, asupan magnesium, asupan vitamin D, asupan vitamin C, asupan protein, aktivitas fisik, paparan sinar matahari dan kebiasaan minum kopi dan kebiasaan minum *soft drink*.

b. Variabel Terikat / Dependen

Variabel terikat yang dinilai adalah densitas mineral tulang (DMT) yang diukur dengan metode *Quantitative Ultrasound* (QUS) dengan alat *ultrasound bone densitometer* Furuno CM 200.

3.4 Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi operasional

Variabel	Definisi	Cara Pengukuran	Alat Ukur	Hasil Pengukuran	Skala
Densitas Mineral Tulang (DMT)	Ukuran kandungan mineral anorganik dalam tulang pada suatu area atau volume tulang (Kemenkes, 2020)	Kaki kanan responden diletakkan di atas alat <i>ultrasound bone densitometer</i> , lalu pada bagian tumit kaki kanan di scan selama ± 1 menit	<i>Ultrasound bone densitometer</i> Furuno CM 200	0= Tidak normal : - <i>Osteopenia</i> bila <i>T-score</i> -1 s/d $-2,5$ SD - <i>Osteoporosis</i> bila <i>T-score</i> $<-2,5$ SD 1= Normal : Bila <i>T-score</i> > -1 SD (WHO, 2004)	Nominal
Status Gizi	Kondisi keseimbangan zat nutrien dari asupan makanan dengan kebutuhan nutrisi tubuh untuk menjalankan fungsinya	Menilai indeks massa tubuh (IMT) dengan mengukur berat badan (kg) dan mengukur tinggi badan responden (m). Kemudian dihitung menggunakan rumus IMT yaitu BB/TB^2	<i>Microtoise</i> Timbangan	IMT satuan kg/m^2 0= Kurus : - Kekurangan BB berat : IMT <17 - Kekurangan BB Ringan : IMT $17 -18,5$ 1= Normal : IMT $>18,5 - 25$ Gemuk : - Kelebihan BB ringan IMT $>25- 27$ - Kelebihan BB Berat IMT > 27 (Depkes RI, 1994)	Ordinal

Variabel	Definisi	Cara Pengukuran	Alat Ukur	Hasil Pengukuran	Skala
Asupan Kalsium	Keseluruhan konsumsi kalsium dari analisis hasil survei konsumsi makanan	Wawancara dan pengisian kuesioner <i>food recall</i> 24 jam pada satu hari di waktu <i>weekday</i> (senin hingga jumat) dan satu hari di waktu <i>weekend</i> /akhir pekan (sabtu dan minggu).	Kuesioner <i>food recall</i> 2x24 jam	0= Kurang: < 77% AKG 1= Cukup : ≥ 77% AKG (Gibson, 2005)	Ordinal
Asupan Fosfor	Keseluruhan konsumsi fosfor dari analisis hasil survei konsumsi makanan	Wawancara dan pengisian kuesioner <i>food recall</i> 24 jam pada satu hari di waktu <i>weekday</i> (senin hingga jumat) dan satu hari di waktu <i>weekend</i> /akhir pekan (sabtu dan minggu).	Kuesioner <i>food recall</i> 2x24 jam	0= Kurang: < 77% AKG 1= Cukup : ≥ 77% AKG (Gibson, 2005)	Ordinal
Asupan Magnesium	Keseluruhan konsumsi magnesium dari analisis hasil survei konsumsi makanan	Wawancara dan pengisian kuesioner <i>food recall</i> 24 jam pada satu hari di waktu <i>weekday</i> (senin hingga jumat) dan satu hari di waktu <i>weekend</i> /akhir pekan (sabtu dan minggu).	Kuesioner <i>food recall</i> 2x24 jam	0= Kurang: < 77% AKG 1= Cukup : ≥ 77% AKG (Gibson, 2005)	Ordinal

Variabel	Definisi	Cara Pengukuran	Alat Ukur	Hasil Pengukuran	Skala
Asupan Vitamin D	Keseluruhan konsumsi vitamin D dari analisis hasil survei konsumsi makanan	Wawancara dan pengisian kuesioner <i>food recall</i> 24 jam pada satu hari di waktu <i>weekday</i> (senin hingga jumat) dan satu hari di waktu <i>weekend</i> /akhir pekan (sabtu dan minggu).	Kuesioner <i>food recall</i> 2x24 jam	0= Kurang: < 77% AKG 1= Cukup : ≥ 77% AKG (Gibson, 2005)	Ordinal
Asupan Vitamin C	Keseluruhan konsumsi vitamin C dari analisis hasil survei konsumsi makanan	Wawancara dan pengisian kuesioner <i>food recall</i> 24 jam pada satu hari di waktu <i>weekday</i> (senin hingga jumat) dan satu hari di waktu <i>weekend</i> /akhir pekan (sabtu dan minggu).	Kuesioner <i>food recall</i> 2x24 jam	0= Kurang: < 77% AKG 1= Cukup : ≥ 77% AKG (Gibson, 2005)	Ordinal
Asupan Protein	Keseluruhan konsumsi protein dari analisis hasil survei konsumsi makanan	Wawancara dan pengisian kuesioner <i>food recall</i> 24 jam pada satu hari di waktu <i>weekday</i> (senin hingga jumat) dan satu hari di waktu <i>weekend</i> /akhir pekan (sabtu dan minggu).	Kuesioner <i>food recall</i> 2x24 jam	0= Defisit : - Ringan : 80-89% AKG - Sedang : 70-79% AKG - Berat : <70% AKG 1=Normal-Berlebih Normal : 90-119 % AKG Berlebih : ≥120 % AKG (Depkes RI, 1996)	Ordinal

Variabel	Definisi	Cara Pengukuran	Alat Ukur	Hasil Pengukuran	Skala
Aktivitas fisik	Gerak tubuh yang merupakan hasil dari interaksi otot dan tulang yang menggunakan energi.	Pengisian kuesioner yang didampingi oleh peneliti	<i>International Physical Activity Questionnaire Short Form (IPAQ-SF)</i>	<p>0= Rendah</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada aktivitas fisik - Aktifitas fisik selama seminggu tidak masuk dalam kategori sedang dan tinggi. <p>(<i>IPAQ Research Committee, 2005</i>)</p> <p>1= Sedang-Tinggi</p> <p>Sedang :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas fisik intensitas tinggi ≥ 3 hari selama ≥ 20 menit/hari. - Aktivitas fisik intensitas sedang/berjalan ≥ 5 hari selama ≥ 30 menit - Aktivitas fisik ≥ 5 hari dengan total MET ≥ 600 menit/minggu <p>Tinggi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas fisik intensitas tinggi ≥ 3 hari dengan total MET minimal 1500 menit/minggu. - Aktivitas fisik selama 7 hari dengan total MET ≥ 3000 menit/minggu 	Ordinal

Variabel	Definisi	Cara Pengukuran	Alat Ukur	Hasil Pengukuran	Skala
Paparan sinar matahari	Paparan terhadap matahari dari terbit hingga pukul 09.00 dan sore pukul 15.00 hingga terbenam matahari dengan durasi 10-15 menit	Pengisian kuesioner yang didampingi oleh peneliti	Kuesioner	0= Kurang (<3 kali dalam seminggu) 1= Cukup (≥ 3 kali dalam seminggu) (Kemenkes, 2018)	Ordinal
Kebiasaan minum kopi	Rutinitas berupa berapa gelas konsumsi minuman kopi per minggu.	Pengisian kuesioner yang didampingi oleh peneliti	Kuesioner	0= Ya - Sedang : minum kopi 1-4 cangkir (240-960 ml) per minggu - Tinggi : minum kopi ≥ 5 cangkir (≥ 1200 ml) per minggu 1= Tidak : tidak minum kopi dalam seminggu (Chang <i>et al.</i> , 2018)	Nominal
Kebiasaan minum <i>soft drink</i>	Rutinitas berupa berapa banyak konsumsi <i>soft drink</i> berkarbonasi per minggu.	Pengisian kuesioner yang didampingi oleh peneliti	Kuesioner	0= Ya - Sedang < 1 L per minggu - Tinggi ≥ 1 L per minggu 1= Tidak : tidak minum <i>soft drink</i> dalam seminggu (Chen <i>et al.</i> , 2020)	Nominal

3.5 Populasi dan Sampel

a. Populasi

Populasi merupakan seluruh jumlah suatu obyek yang memiliki kesamaan. Populasi terbagi menjadi dua yaitu populasi sasaran (populasi target) dan populasi *sampling*/ terjangkau. Populasi target merupakan sekumpulan dari unit-unit yang akan di generaisasi. Populasi terjangkau adalah merupakan sekumpulan dari unit-unit di mana sampel diambil. Populasi terjangkau adalah bagian dari populasi target (Irmawartini & Nurhaedah, 2017). Populasi target penelitian ini yaitu semua wanita usia subur (WUS) di lingkungan Universitas Lampung. Sedangkan populasi terjangkaunya yaitu semua mahasiswi yang termasuk dalam kategori wanita usia subur (WUS) di lingkungan Universitas Lampung.

b. Sampel

Sampel penelitian ini yaitu mahasiswi yang berusia 18-25 tahun dari berbagai fakultas di Universitas Lampung.

c. Kriteria Sampel

1. Kriteria Inklusi

- a. Mahasiswi Universitas Lampung
- b. Usia antara 18-25 tahun
- c. Responden menyatakan bersedia menjadi sampel penelitian

2. Kriteria Eksklusi

- a. Sedang hamil atau sudah pernah hamil dan / melahirkan
- b. Memiliki penyakit gangguan hormon (gangguan siklus menstruasi, tanda dan gejala gangguan hormon estrogen).

d. Besar Sampel

Besar sampel dalam penelitian ini ditetapkan menggunakan rumus sampel untuk menguji hipotesis pada penelitian berupa analitik kategorik tidak berpasangan. Nilai kesalahan tipe I (α) adalah 0,05 sehingga $Z\alpha = 1,96$, besar nilai kesalahan tipe II (β) adalah 0,20 sehingga $Z\beta = 0,84$.

Proporsi kelompok standar atau tidak berisiko yang didapatkan dari penelitian sebelumnya dari kepustakaan (P2) adalah 0,568 dan proporsi pada kelompok yang berisiko adalah 0,432 (Cahyaningsih *et al*, 2017), sehingga berdasarkan data tersebut maka peneliti melakukan *judgement* proporsi kelompok uji (P1) adalah 0,4. Maka besar sampelnya adalah :

$$n = \left[\frac{Z\alpha\sqrt{2PQ} + Z\beta\sqrt{P1Q1 + P2Q2}}{P1 - P2} \right]^2$$

$$n = \left[\frac{1,96\sqrt{2 \cdot 0,484 \cdot 0,516} + 0,84\sqrt{0,4 \cdot 0,6 + 0,432 \cdot 0,568}}{0,4 - 0,568} \right]^2$$

$$n = \left[\frac{1,96\sqrt{0,499} + 0,84\sqrt{0,485}}{-0,168} \right]^2$$

$$n = \left[\frac{1,372 + 0,588}{-0,168} \right]^2$$

$$n = 136$$

Hasil perhitungan didapatkan $n = 136$, jika ditambah 10% untuk mengantisipasi sampel *drop out*, ditetapkan jumlah sampel penelitian ini yaitu sebanyak 150.

e. Teknik Pengambilan sampel

Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik random (*probability sampling*) dengan metode acak bertahap (*multistage random sampling*). Sampel diambil secara bertahap dengan kombinasi *simple-stratified random sampling* dengan variasi urutan tergantung pada kondisi populasi serta tujuan penelitian. (Irmawartini & Nurhaedah, 2017).

Sampel penelitian ini berasal dari populasi semua mahasiswa yang tergolong wanita usia subur (WUS) di lingkungan Universitas Lampung. Universitas Lampung memiliki 8 fakultas yaitu Fakultas Kedokteran (FK), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Fakultas Teknik (FT), Fakultas Pertanian (FP), Fakultas Keguruan dan Ilmu

Pendidikan (FKIP), Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP), Fakultas Hukum (FH), Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP).

Pengambilan sampel dilakukan secara bertahap, dari 8 fakultas yang ada di Universitas Lampung, diambil sebanyak 50% yaitu 4 fakultas secara *simple random sampling* dan didapatkan sampel yang terpilih berasal dari FK, FMIPA, FEB dan FISIP. Kemudian melakukan pengambilan sampel secara *simple random sampling* pada masing-masing fakultas untuk memilih satu program studi. Program studi yang terpilih adalah Pendidikan Dokter dari FK, Biologi dari FMIPA, Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan dari FEB, serta Ilmu Administrasi Niaga dari FISIP. Pemilihan program studi hanya pada jenjang pendidikan Strata-1 (S1) karena rentang usia sampel penelitian adalah 18-25 tahun. Selanjutnya pada setiap program studi yang terpilih dilakukan pengambilan sampel secara *disproportional stratified random sampling* yang bertujuan untuk menetapkan sampel yang diambil pada 4 angkatan pada setiap prodi yaitu angkatan 2019, 2020, 2021, 2022 sehingga memenuhi jumlah sampel yaitu 150 mahasiswi.

Dari data *pre-survey* penelitian, didapatkan jumlah mahasiswi program studi Pendidikan Dokter adalah 535 mahasiswi, Biologi berjumlah 434 mahasiswi, Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan berjumlah 310 mahasiswi, dan Ilmu Administrasi Niaga berjumlah 363 mahasiswi. Untuk mendapatkan proporsi sampel dari setiap program studi digunakan perhitungan dengan rumus (Sugiyono, 2010):

$$\text{Sampel strata} = \frac{\text{Jumlah populasi strata}}{\text{Jumlah keseluruhan}} \times \text{Sampel}$$

Hasil perhitungan proporsi sampel dari setiap program studi dijelaskan ada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Proporsi sampel setiap Program Studi

No.	Nama Program Studi	Jumlah Populasi	Penghitungan Sampel Proporsional	Besar Sampel
1.	Pendidikan Dokter	535	$\frac{535}{1624} \times 150$	49
2.	Biologi	434	$\frac{434}{1624} \times 150$	40
3.	Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan	310	$\frac{310}{1624} \times 150$	28
4.	Ilmu Administrasi Niaga	363	$\frac{363}{1624} \times 150$	33

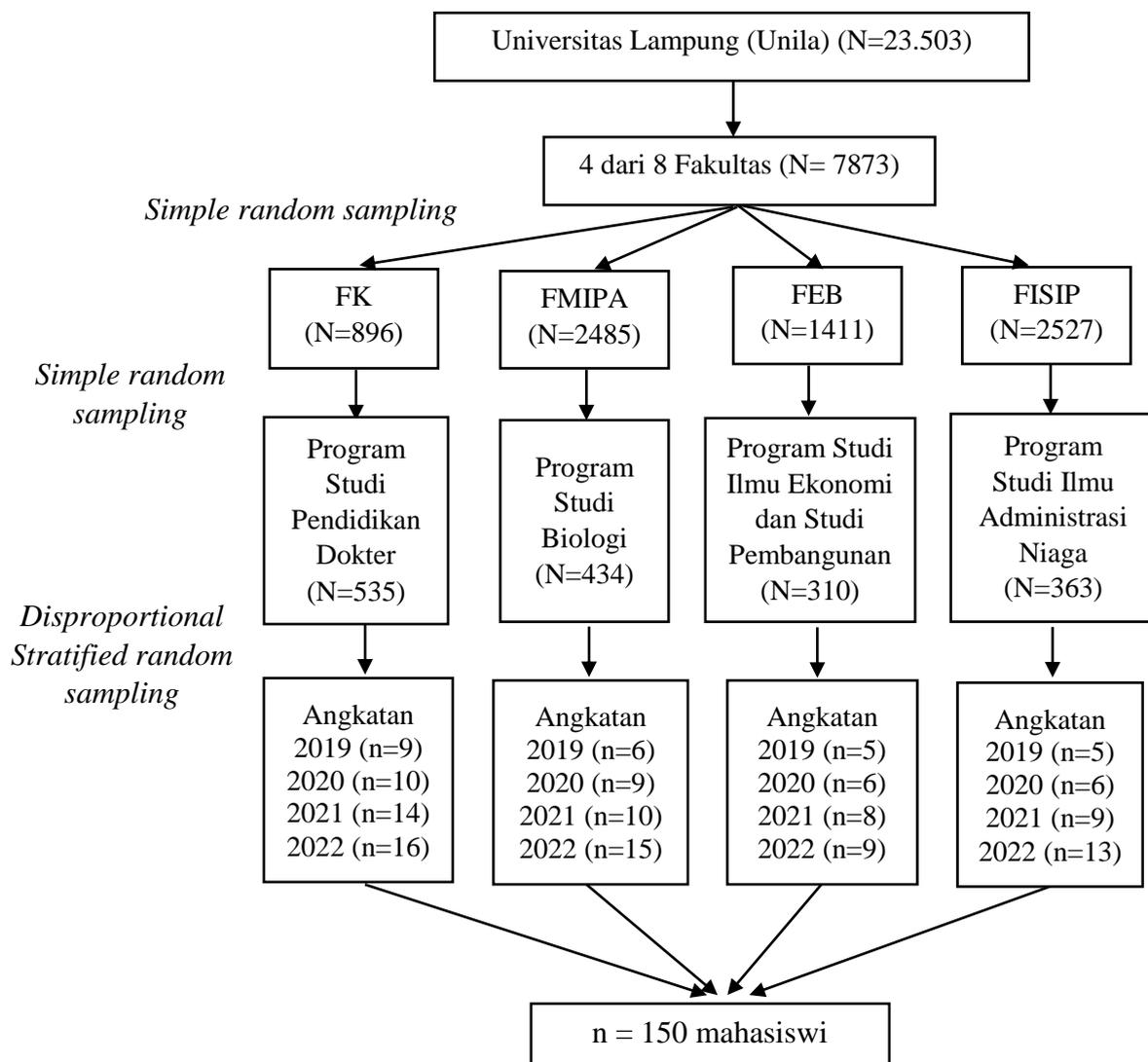
Selanjutnya, dilakukan perhitungan proporsi sampel pada 4 setiap program studi yang dijelaskan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Proporsi sampel setiap sngkatan dari masing-masing Program Studi

Nama Program Studi	Angkatan	Penghitungan Sampel Proporsional	Besar Sampel
Pendidikan Dokter	2019	$\frac{103}{535} \times 49$	9
	2020	$\frac{104}{535} \times 49$	10
	2021	$\frac{151}{535} \times 49$	14
	2022	$\frac{177}{535} \times 49$	16
Biologi	2019	$\frac{66}{434} \times 38$	6
	2020	$\frac{92}{434} \times 38$	9
	2021	$\frac{113}{434} \times 38$	10
	2022	$\frac{163}{434} \times 38$	15
Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan	2019	$\frac{53}{310} \times 28$	5
	2020	$\frac{68}{310} \times 28$	6
	2021	$\frac{87}{310} \times 28$	8
	2022	$\frac{102}{310} \times 28$	9

Nama Program Studi	Angkatan	Penghitungan Sampel Proporsional	Besar Sampel
Ilmu Administrasi Niaga	2019	$\frac{57}{363} \times 33$	5
	2020	$\frac{64}{363} \times 33$	6
	2021	$\frac{100}{363} \times 33$	9
	2022	$\frac{142}{363} \times 33$	13

Diagram alur pengambilan sampel pada penelitian ini terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alur Pengambilan Sampel

3.6 Pengumpulan Data

3.6.1 Jenis Data

Penelitian ini menggunakan jenis data berupa data primer serta data sekunder. Data primer didapatkan dari responden penelitian dengan cara mengukur densitas mineral tulang, berat badan dan tinggi badan responden, selain itu juga diperoleh dari pengisian kuesioner *food recall* 2 x 24 jam, IPAQ-SF, serta kuesioner yang menilai paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi dan kebiasaan minum *soft drink*. Data sekunder berupa jumlah mahasiswi Universitas Lampung setiap angkatan dari masing-masing prodi didapatkan dari Biro Akademik dan Kemahasiswaan (BAK) Universitas Lampung.

3.6.2 Tahap Pengambilan Data

a. Data Primer

1. Tahap skrining
 - a. Memilih responden berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.
 - b. Meminta persetujuan menjadi responden penelitian (*informed consent*).
2. Tahap pengambilan data
 - a. Pengambilan data densitas mineral tulang (DMT) dengan alat *ultrasound bone densitometer* Furuno CM 200 milik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
 - b. Pengambilan data status gizi berupa indeks massa tubuh (IMT) dilakukan dengan mengukur berat badan menggunakan timbangan dan tinggi badan menggunakan *microtoise* yang kemudian hasilnya dihitung dengan rumus IMT.
 - c. Pengambilan data asupan gizi berupa asupan kalsium, asupan fosfor, asupan magnesium, asupan vitamin D, asupan vitamin C dan asupan protein dengan menggunakan kuesioner *food recall* 2x24 jam pada satu hari di waktu *weekday* (senin hingga jumat) dan satu hari di waktu *weekend* /akhir pekan (sabtu dan minggu).

- d. Pengambilan data aktivitas fisik, paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi dan kebiasaan minum *soft drink* pada responden dengan pengisian kuesioner oleh responden yang didampingi oleh peneliti atau enumerator.

b. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dengan mengajukan surat izin pengambilan data ke Biro Akademik dan Kemahasiswaan (BAK) Universitas Lampung terkait jumlah mahasiswi di Universitas Lampung berdasarkan prodi dan angkatan.

3.6.3 Instrumen Penelitian

1. *Ultrasound bone densitometer* Furuno CM 200 untuk menilai densitas mineral tulang (DMT).
2. Timbangan yang digunakan untuk menilai berat badan.
3. *Microtoise* yang digunakan untuk tinggi badan.
4. Kuesioner *food recall* 2x24 jam untuk menilai asupan kalsium, fosfor, magnesium, vitamin D, vitamin C dan protein.
5. Kuesioner *International Physical Activity Questionnaire - Short Form* (IPAQ-SF) yang mengukur tingkat aktivitas fisik. Kuesioner ini tersusun dari 7 pertanyaan yang menilai aktivitas fisik responden dalam 7 hari terakhir. Hasil pengisian kuesioner kemudian dimasukkan ke dalam IPAQ *scoring protocol* dibantu oleh IPAQ *automatic report* dalam bentuk *template excel* dan didapatkan jumlah energi yang dipakai responden untuk melakukan aktivitas fisik dalam seminggu dalam MET (*Metabolic Equivalent of Task*) dan tingkat aktivitas fisik responden selama seminggu. Perhitungan nilai MET-menit/minggu untuk aktivitas berjalan yaitu 3.3 x menit x hari, aktivitas intensitas sedang 4.0 x menit x hari, dan aktivitas intensitas tinggi 8.0 x menit x hari (IPAQ *Research Committee*, 2005). Hasil perhitungan untuk semua jenis aktivitas akan dijumlahkan sehingga didapatkan total MET dalam seminggu. Kemudian ditentukan tingkat kategori aktivitas fisik responden menurut IPAQ *Research Committee* yaitu:

- a. Aktivitas fisik rendah jika tidak ada aktivitas fisik atau aktifitas fisik selama seminggu tidak masuk dalam kategori sedang maupun tinggi.
- b. Aktifitas fisik sedang jika aktivitas fisik yang dilakukan berintensitas tinggi ≥ 3 hari selama ≥ 20 menit/hari atau aktivitas intensitas sedang/ berjalan ≥ 5 hari selama ≥ 30 menit, atau aktivitas fisik ≥ 5 hari dengan total MET ≥ 600 menit /minggu
- c. Aktifitas fisik tinggi jika aktivitas fisik intensitas tinggi ≥ 3 hari yang jumlah total MET minimal 1500 menit/minggu atau aktivitas fisik selama 7 hari yang total MET nya ≥ 3000 menit /minggu.

Kuesioner IPAQ-SF dalam Bahasa Indonesia telah diuji validitas dan reabilitas dengan nilai $r = 0.28$ dan nilai *Cronbach's alpha* rentang 0.77 hingga 0.91 sehingga kuesioner IPAQ-SF versi Bahasa Indonesia dinyatakan valid (Suyoto *et al.*, 2016).

6. Kuesioner paparan sinar matahari yang berisi 6 pertanyaan untuk menilai paparan sinar matahari responden apakah cukup atau kurang. Paparan sinar matahari cukup bila ≥ 3 kali dalam satu minggu dengan durasi 10-15 menit dan kurang bila < 3 kali dalam satu minggu dengan durasi selama 10-15 menit (Kemenkes, 2018). Kuesioner paparan sinar matahari telah diuji validitas dengan hasil nilai signifikansi setiap item pertanyaan $< 0,05$ dan nilai *Cronbach's alpha* 0.739, oleh karena itu kuesioner paparan sinar matahari dinyatakan valid dan reliabel sebagai instrumen penelitian.
7. Kuesioner kebiasaan minum kopi yang berisi 6 pertanyaan untuk menilai apakah responden memiliki kebiasaan minum. Responden tidak memiliki kebiasaan minum kopi jika tidak minum kopi dalam seminggu, kebiasaan minum kopi kategori sedang jika minum kopi sebanyak 1-4 cangkir (240-960 ml) per minggu, serta kebiasaan minum kopi kategori tinggi jika responden minum kopi ≥ 5 cangkir (≥ 1200 ml) per minggu (Chang *et al.*, 2018). Kuesioner kebiasaan minum kopi telah diuji validitas dengan hasil nilai signifikansi setiap item pertanyaan $< 0,05$ dan nilai *Cronbach's*

α 0.961, oleh karena itu kuesioner kebiasaan minum kopi dinyatakan valid dan reliabel sebagai instrumen penelitian.

8. Kuesioner kebiasaan minum *soft drink* berisi 6 pertanyaan untuk menilai apakah responden memiliki kebiasaan konsumsi minuman *soft drink* atau berkarbonasi. Responden tidak memiliki kebiasaan konsumsi minuman *soft drink* atau berkarbonasi jika tidak minum *soft drink* dalam seminggu. Responden memiliki kebiasaan minum *soft drink* kategori sedang jika mengonsumsi *soft drink* sebanyak < 1 L / minggu dan kategori tinggi jika mengonsumsi *soft drink* sebanyak ≥ 1 L / minggu (Chen *et al.*, 2020). Kuesioner kebiasaan minum *soft drink* telah diuji validitas dengan hasil nilai signifikansi setiap item pertanyaan $< 0,05$ dan nilai *Cronbach's alpha* 0.924, sehingga kuesioner kebiasaan minum *soft drink* dinyatakan valid dan reliabel sebagai instrumen penelitian.

3.7 Pengolahan Data

Tahapan setelah mengumpulkan data yaitu melakukan pengolahan data dengan tahapannya sebagai berikut (Irmawartini & Nurhaedah, 2017):

- a. *Editing*

Yang merupakan pengecekan kembali terhadap data yang didapatkan dari pengumpulan data berupa kelengkapannya, kejelasan, apakah data relevan serta apakah data konsisten.

- b. *Coding*

Yaitu membuat data sebelumnya menjadi angka atau kode tertentu terutama dilakukan pada data kategorik, atau data numerik yang dikelompokkan agar mempermudah pada saat melakukan tabulasi dan analisis.

- c. *Entry Data*

Data lengkap selanjutnya dimasukkan keprogram komputer yang sesuai untuk dilakukan analisis.

d. *Cleaning*

Cleaning untuk memeriksa kembali data pada program komputer agar tidak ada kesalahan pada *entry data*.

e. *Saving*

Tahap terakhir menyimpan data yang akan dilakukan analisis dengan uji statistik yang sesuai.

3.8 Analisis Data

a. Analisis Univariat

Analisis univariat *descriptive statistics* untuk melihat distribusi frekuensi masing-masing variabel.

b. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk menganalisis hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas yaitu hubungan DMT dengan status gizi, asupan gizi (asupan kalsium, asupan fosfor, asupan magnesium, asupan vitamin D, asupan vitamin C dan asupan protein) dan gaya hidup (aktivitas fisik, paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi dan kebiasaan minum *soft drink*). Analisis yang digunakan menggunakan uji *Chi-Square* dengan derajat kepercayaan yang digunakan yaitu 95% sehingga jika nilai $p < 0,05$ maka hasil perhitungan dinyatakan memiliki hubungan yang bermakna secara statistik (Irmawartini & Nurhaedah, 2017).

c. Analisis Regresi Logistik

Analisis regresi logistik menganalisis variabel-variabel yang diduga saling terkait satu sama lain. Langkah-langkah analisis regresi logistik yaitu (Hastono, 2007) :

- 1) Melakukan seleksi hasil dari uji bivariat setiap variabel independen terhadap variabel dependen. Jika didapatkan *p-value* $< 0,25$ variabel akan ikut dalam analisis selanjutnya.

- 2) Melakukan pemodelan dari variabel yang masuk dalam analisis regresi dan mengeluarkan secara bertahap variabel dengan *p-value* > 0.05 .
- 3) Melakukan uji interaksi yang jika hasilnya bernilai bermakna, maka variabel interaksi dapat dimasukkan dalam pemodelan.
- 4) Tahap akhir pemodelan menilai *p-value* $< 0,05$ akan selanjutnya di analisis regresi logistik dan dilakukan penilaian terhadap *odds ratio* (OR).

3.8 Etika Penelitian

Penelitian ini mendapatkan persetujuan etik (*ethical clearance*) dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor 276/UN26.18/PP.05.02.00/2023.

Etika penelitian yang ditekankan pada penelitian ini meliputi :

- a. Lembar persetujuan (*Informed consent*)
Yaitu lembar yang menyatakan responden setuju yang diperoleh sebelum melakukan penelitian yang bertujuan agar responden memahami maksud, tujuan dan dampak menjadi responden.
- b. Tanpa nama (*Anonymity*)
Anonymity sebagai bentuk jaminan terhadap subjek dengan tidak menuliskan nama responden atau dituliskan hanya dalam bentuk kode.
- c. Kerahasiaan (*Confidentially*)
Menjamin kerahasiaan informasi yang diberikan oleh responden.

IV. HASIL PENELITIAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Universitas Lampung (Unila) merupakan universitas negeri pertama yang ada di Provinsi Lampung. Universitas Lampung berdiri pada tanggal 23 September 1965 dan menjadi universitas tertua di Provinsi Lampung. Universitas Lampung memiliki bangunan sebagai kampus utama yang berlokasi di Jl. Prof. Dr. Sumantri Bojonegoro No.1, Rajabasa, Kota Bandar Lampung dengan luas bangunan sebesar 121.885 m² serta memiliki luas tanah sebesar 700.000 m². Selain kampus utama, Unila juga memiliki dua kampus yang hanya digunakan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) yang berlokasi di Jl. Panglima Polim, Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung serta Jl. Budi Utomo No.22 Metro Selatan, Kota Metro. Universitas Lampung juga mendapatkan hibah dari Pemerintah Provinsi Lampung berupa tanah seluas 1,5 km² yang berada di Kota Baru, Kabupaten Lampung Selatan (Unila, 2023b).

Berdirinya Universitas Lampung sebagai tempat guna meningkatkan kecerdasan atau pengetahuan masyarakat pada pendidikan tinggi merupakan upaya dari masyarakat dimulai tahun 1960-an. Upaya tersebut disertai dengan dukungan Pemerintah Provinsi Lampung dalam rangka mendukung kegiatan pembangunan di Lampung. Visi Unila yaitu menjadi perguruan tinggi sepuluh terbaik di Indonesia pada tahun 2025. Dalam rangka mewujudkannya didukung oleh misi-misi dari Universitas Lampung. Universitas Lampung merupakan universitas dengan akreditasi A dari Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN PT) berdasarkan Surat Keterangan No.11063/SK/BAN-PT/Ak-PJJ/PT/XII/2021 yang berlaku hingga 21 Desember 2026 (Unila, 2023d).

Universitas Lampung memberikan pelayanan pendidikan tinggi dari berbagai disiplin ilmu pada jenjang Diploma, sarjana (S1), magister (S2), Doktor

(S3), dan program pendidikan profesi dalam 8 Fakultas yang ada di Unila yaitu Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB), Fakultas Hukum (FH), Fakultas Pertanian (FP), Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP), Fakultas Teknik (FT), Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), dan Fakultas Kedokteran (FK) (Unila, 2023a). Staf pengajar Unila memiliki kepakaran yang sesuai dengan disiplin ilmunya masing-masing. Universitas Lampung memiliki sarana akademik berupa kantor administrasi pusat, UPT perpustakaan, UPT Bahasa, UPT kearsipan, UPT pengembangan karir dan kewirausahaan, UPT laboratorium terpadu dan inovasi teknologi, serta UPT kantor urusan internasional. Universitas Lampung juga memberikan pelayanan pengembangan kemahasiswaan di bidang penalaran, bidang pelayanan kesejahteraan mahasiswa, serta bidang minat, bakat dan kegemaran (Unila, 2023c).

4.2 Analisis Deskriptif

4.2.1 Karakteristik Responden

Subyek penelitian ini adalah mahasiswi Universitas Lampung yang merupakan responden dari penelitian ini. Mahasiswi Unila memiliki beragam karakteristik atau latar belakang dari setiap individu diantaranya usia mahasiswi, asal program studi (Pendidikan Dokter, Biologi, Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan, Ilmu Administrasi Niaga) dan Angkatan (2019, 2020, 2021, dan 2022). Pada saat penelitian, terdapat 2 mahasiswi yang memiliki kriteria eksklusi yaitu penyakit gangguan hormon estrogen yang telah didiagnosis dari pemeriksaan kesehatan, sehingga mahasiswi tersebut tidak memenuhi kriteria untuk menjadi responden penelitian.

Distribusi usia mahasiswi pada masing-masing program studi dijelaskan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Distribusi usia mahasiswi berdasarkan Program Studi (PS)

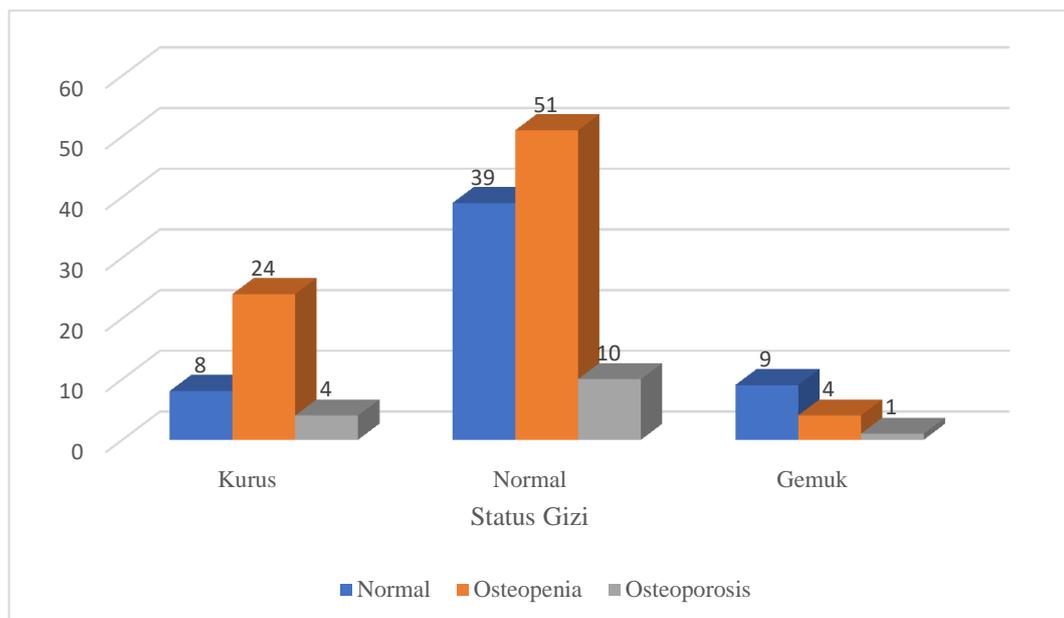
Usia (Tahun)	Program Studi								Jumlah	
	Pendidikan Dokter		Biologi		Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangu- nan		Ilmu Administrasi Niaga		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%		
18	13	26,5	5	12,5	1	3,6	5	15,2	24	16
19	13	26,5	15	37,5	11	39,3	12	36,4	51	34
20	8	16,3	6	15	6	21,4	7	21,2	27	18
21	12	24,5	10	25	5	17,9	8	24,2	35	23, 3
22	2	4,1	3	7,5	5	17,9	1	3	11	7,3
23	1	2	1	2,5	0	0	0	0	2	1,3

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan Tabel 4.1, mahasiswi yang menjadi responden dalam penelitian ini paling banyak berusia 19 tahun yaitu sebanyak 51 orang dengan usia termuda 18 tahun sedangkan yang tertua adalah 23 tahun. Sebagian besar mahasiswi Program Studi Pendidikan Dokter yang menjadi responden penelitian berusia 18 dan 19 tahun masing-masing sebanyak 13 (26,5%) mahasiswi. Sebagian besar mahasiswi Program Studi Biologi yang menjadi responden penelitian berusia 19 tahun yaitu sebanyak 15 (37,5%) mahasiswi. Sebagian besar mahasiswi Program Studi Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan yang menjadi responden penelitian berusia 19 tahun yaitu sebanyak 11 (39,3%) mahasiswi. Selain itu, mahasiswi Program Studi Ilmu Administrasi Niaga sebagian besar juga berusia 19 tahun yaitu 12 (36,4%) mahasiswi. Sebanyak 95 (63,3%) mahasiswi yang tinggal di kost dan 55 (36,7%) mahasiswi yang tidak kost atau tinggal di rumah bersama keluarga.

4.2.2 Gambaran Densitas Mineral Tulang dan Status Gizi

Hasil pengukuran densitas mineral tulang (DMT) pada mahasiswa Universitas Lampung didapatkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki DMT tidak normal yaitu DMT kategori osteopenia sebanyak 79 (52,7%) mahasiswa, DMT kategori osteoporosis sebanyak 15 (10%) mahasiswa, dan hanya 56 (39,3%) mahasiswa yang memiliki DMT kategori normal.

Status gizi mahasiswa yang dinilai dengan pengukuran indeks massa tubuh (IMT) didapatkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki status gizi kategori normal yaitu sebanyak 100 (66,7%) mahasiswa. Mahasiswa dengan status gizi kurus sebanyak 36 (24%), sedangkan mahasiswa dengan status gizi gemuk sebanyak 14 (9,3%). Distribusi densitas mineral tulang mahasiswa Unila berdasarkan status gizi dijelaskan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Distribusi densitas mineral tulang berdasarkan status gizi

Berdasarkan Gambar 4.1, sebagian besar mahasiswa dengan status gizi kurus memiliki DMT kategori osteopenia yaitu 24 mahasiswa. Mahasiswa yang berstatus gizi normal namun memiliki DMT osteopenia sebanyak 51 mahasiswa, dan mahasiswa berstatus gizi normal namun memiliki DMT osteoporosis sebanyak 10 mahasiswa. Mahasiswa dengan status gizi gemuk sebagian besar memiliki DMT yang normal yaitu 9 mahasiswa.

4.2.3 Gambaran Asupan Gizi

Selain melakukan penilaian terhadap status gizi, penelitian ini juga melakukan penilaian asupan gizi mahasiswi dengan menggunakan kuesioner *food recall* 2x24 jam. Hasil penilaian angka kecukupan gizi (AKG), asupan gizi, serta persentase asupan terhadap AKG pada mahasiswi Unila dijelaskan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai rerata angka kecukupan gizi (AKG), asupan, dan persentase asupan terhadap AKG

Zat Gizi	AKG		Asupan		% AKG	
	Min-Max	Rerata	Min-Max	Rerata	Min-Max	Rerata
Kalsium (mg)	673-2091	981	67-3545	591	7-404	57
Fosfor (mg)	471-1659	747	72-7250	683	11-1187	100
Magnesium (mg)	168-690	299	49-1157	218	10-402	76
Vitamin C (mg)	50-157	71	0-89	14	0-153	20
Vitamin D (mcg)	10-31	14	0-45	4	0-415	30
Protein (g)	40-125	58	13-142	50	22-281	89

Berdasarkan Tabel 4.2, didapatkan bahwa nilai rerata asupan kalsium mahasiswi sebesar 591 mg sedangkan nilai rerata angka kecukupan kalsium adalah 981 mg, sehingga rerata % AKG zat gizi kalsium hanya sebesar 57%. Pada zat gizi fosfor, nilai rerata asupan fosfor mahasiswi sebesar 683 mg sedangkan nilai rerata angka kecukupan fosfor adalah 747 mg, dan rerata % AKG zat gizi fosfor yang terpenuhi 100%. Nilai rerata % AKG untuk asupan magnesium, vitamin C, vitamin D mahasiswi masih kurang yaitu < 77%. Nilai rerata asupan protein mahasiswi sebesar 50 g sedangkan nilai rerata angka kecukupannya adalah 85 g, dan rerata % AKG mahasiswi untuk zat gizi protein adalah 89%. Distribusi frekuensi hasil penilaian asupan gizi mahasiswi Unila dijelaskan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Distribusi frekuensi asupan gizi

No	Asupan Gizi	Jumlah	Persentase
1.	Asupan Kalsium		
	Cukup	42	28
	Kurang	108	72
2.	Asupan Fosfor		
	Cukup	76	50,7
	Kurang	74	49,3
3	Asupan Magnesium		
	Cukup	57	38
	Kurang	93	62
4.	Asupan Vitamin C		
	Cukup	5	3,3
	Kurang	145	96,7
5.	Asupan Vitamin D		
	Cukup	12	8
	Kurang	138	92
6.	Asupan Protein		
	Berlebih	29	19,3
	Normal	28	18,7
	Defisit	93	62

Hasil akhir penilaian asupan gizi pada mahasiswi menggunakan kuesioner *food recall 2x24* jam didapatkan bahwa asupan kalsium sebagian besar kurang yaitu sebanyak 108 (72%) mahasiswi sedangkan untuk asupan fosfor terdapat 76 (50,7%) mahasiswi yang mendapatkan asupan fosfor yang cukup dan sebanyak 74 (49,3%) mahasiswi lainnya mendapatkan asupan fosfor yang kurang. Selain itu, sebagian besar mahasiswi juga memiliki asupan yang kurang pada mikronutrien lainnya yaitu magnesium 93 (62%) mahasiswi, vitamin C 145 (96,7%) mahasiswi, dan vitamin D 138 (92%) mahasiswi. Asupan makronutrien berupa asupan protein sebagian besar mahasiswi dalam kategori defisit yaitu sebanyak 93 (62%) mahasiswi.

4.2.4 Gambaran Faktor Gaya Hidup

Hasil penilaian terhadap faktor gaya hidup mahasiswi Unila yang berkaitan dengan kepadatan tulang dijelaskan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Distribusi frekuensi faktor gaya hidup

No	Gaya Hidup	Jumlah	Persentase
1.	Aktivitas Fisik		
	Tinggi	15	10
	Sedang	40	26,7
	Rendah	95	63,3
2.	Paparan Sinar Matahari		
	Cukup	106	70,7
	Kurang	44	29,3
3.	Kebiasaan Minum Kopi		
	Tidak	103	68,7
	Sedang	42	28
	Tinggi	5	3,3
4.	Kebiasaan Minum <i>Soft Drink</i>		
	Tidak	122	81,3
	Sedang	27	18
	Tinggi	1	0,7

Berdasarkan Tabel 4.4, didapatkan bahwa sebagian besar mahasiswi memiliki gaya hidup dengan aktivitas fisik yang rendah yaitu sebanyak 95 (63,3%) mahasiswi. Mahasiswi yang mendapatkan paparan sinar matahari cukup sebanyak 106 (70,7%) mahasiswi sisanya kurang mendapat paparan sinar matahari sebanyak 44 (29,3%). Sebagian besar mahasiswi tidak mempunyai kebiasaan minum kopi (68,7%) dan tidak memiliki kebiasaan minum *soft drink* (81,3%).

Kuesioner digunakan untuk menilai faktor gaya hidup mahasiswi berupa aktivitas fisik, paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi dan kebiasaan minum *soft drink*. Aktivitas fisik yang dinilai berupa berapa lama waktu mahasiswi melakukan aktivitas fisik berat, aktivitas fisik sedang, dan aktivitas fisik ringan atau berjalan kaki dalam seminggu. Gambaran aktivitas fisik mahasiswi Unila dijelaskan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Gambaran aktivitas fisik

Frekuensi (Hari/minggu)	Aktivitas fisik tujuh hari terakhir					
	Berat		Sedang		Jalan kaki	
	n	%	n	%	n	%
0	100	66,7	63	42	6	16
1	13	8,7	17	11,3	9	6
2	17	11,3	28	18,7	21	14
3	14	9,3	20	13,3	25	16,7
4	3	2	6	4	7	4,7
5	2	1,3	4	2,7	26	17,3
6	0	0	0	0	2	1,3
7	1	0,7	12	8	36	24

Berdasarkan Tabel 4.5, diketahui bahwa terdapat 50 (33,3%) mahasiswi yang melakukan aktivitas fisik berat dalam 7 hari terakhir. Rerata waktu mahasiswi melakukan aktivitas fisik berat yaitu 104 menit/minggu. Sebanyak 87 (58%) mahasiswi yang melakukan aktivitas fisik sedang dalam 7 hari terakhir, rerata waktu mereka melakukan aktivitas fisik sedang yaitu 122 menit/minggu. Sebanyak 144 (84%) mahasiswi menyatakan bahwa dalam 7 hari terakhir mereka telah berjalan kaki selama minimal 10 menit setiap hari dan rerata waktu mahasiswi berjalan kaki adalah 161 menit/minggu.

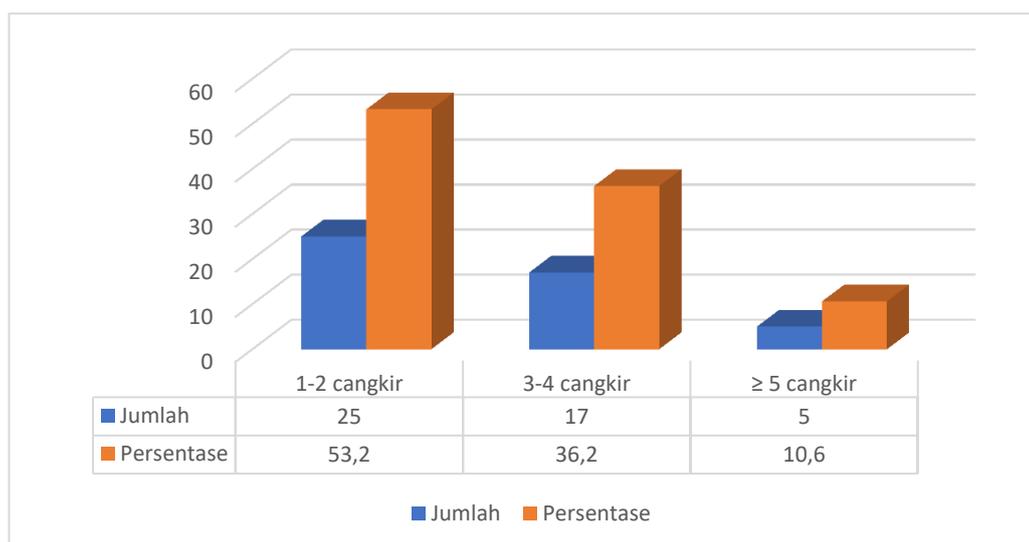
Selain aktivitas fisik, faktor gaya hidup lainnya yang dinilai pada penelitian ini yaitu paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi, dan kebiasaan minum *soft drink*. Gambaran paparan sinar matahari mahasiswi Unila dijelaskan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Gambaran paparan sinar matahari menurut frekuensi (kali/ minggu)

Durasi Paparan Sinar Matahari	Frekuensi				Jumlah	
	1-2 kali seminggu		≥3 kali seminggu		n	%
	n	%	n	%		
<10 menit	16	45,7	1	0,9	17	12
10-15 menit	15	42,9	43	40,2	58	41
>15 menit	4	11,4	63	58,9	67	47

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 142 (94,7%) mahasiswi yang melakukan kegiatan *outdoor* yang terkena sinar matahari. Berdasarkan Tabel 4.6, dari 142 mahasiswi yang mendapatkan paparan sinar matahari, terdapat 106 mahasiswi yang mendapatkan paparan sinar matahari yang cukup yaitu mahasiswi yang mendapatkan paparan dengan frekuensi ≥ 3 kali seminggu dan durasi >15 menit yaitu sebanyak 63 (58,9%) mahasiswi, serta mahasiswi yang mendapatkan paparan dengan frekuensi ≥ 3 kali seminggu dan durasi 10-15 menit yaitu 43 (40,2%) mahasiswi. Waktu mahasiswi terpapar sinar matahari paling banyak pada pukul 06-09.00 dan $>09.00- <15.00$. Berdasarkan Anggota tubuh yang terkena paparan sinar matahari sebagian besar adalah wajah, telapak dan punggung tangan, serta telapak dan punggung kaki. Lokasi mahasiswi mendapatkan paparan sinar matahari antara lain di lingkungan rumah/kost, kampus, jalan, dan lapangan.

Faktor gaya hidup lain berupa kebiasaan minum kopi berkaitan dengan kesehatan tulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 47 (31,3%) mahasiswi yang memiliki kebiasaan minum kopi. Gambaran jumlah konsumsi kopi mahasiswi Unila dalam seminggu dijelaskan pada Gambar 4.2.

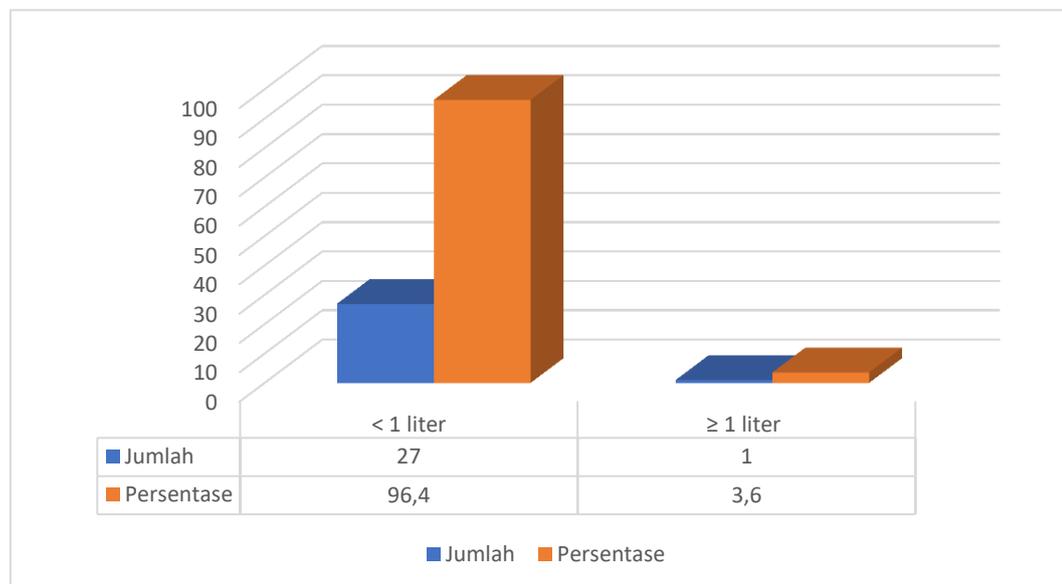


Gambar 4.2 Gambaran konsumsi kopi mahasiswi perminggu

Sebagian besar mahasiswi minum kopi sebanyak 1-2 cangkir/ minggu yaitu sebanyak 25 (53,2%) mahasiswi. Waktu minum kopi sebagian besar

mahasiswi adalah malam hari. Kopi susu merupakan jenis kopi yang paling banyak dikonsumsi mahasiswi di rumah (61,7%) dan di luar rumah/ café/ rumah makan (78,8%). Kopi hitam dikonsumsi oleh 4 (10,6%) mahasiswi di rumah dan dikonsumsi 1 (2,1 %) mahasiswi di luar rumah. Kopi + gula dikonsumsi oleh 10 (27,7%) mahasiswi di rumah dan 7 mahasiswi (19,1%) di luar rumah.

Kebiasaan minum *soft drink* juga merupakan faktor yang berkaitan dengan kesehatan tulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswi yang memiliki kebiasaan minum *soft drink* adalah sebanyak 28 (18%) mahasiswi. Gambaran jumlah konsumsi *soft drink* mahasiswi Unila dalam seminggu dijelaskan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Gambaran konsumsi *soft drink* mahasiswi perminggu

Sebagian besar mahasiswi mengonsumsi *soft drink* <1 liter dalam seminggu yaitu 27 (96,4%) mahasiswi dan hanya terdapat satu mahasiswi (3,6%) yang mengonsumsi *soft drink* sebanyak ≥ 1 liter dalam seminggu. Sebagian besar mahasiswi telah memiliki kebiasaan minum *soft drink* selama ≥ 3 tahun. Waktu mahasiswi minum *soft drink* paling banyak di waktu siang hari. Jenis *soft drink* yang dikonsumsi mahasiswi antara lain coca-cola, sprite, fanta, dan tebs.

4.3 Pengujian Hipotesis

4.3.1 Analisis Bivariat

Analisis ini untuk menganalisis hubungan/korelasi antara setiap variabel bebas (status gizi, asupan kalsium, asupan fosfor, asupan magnesium, asupan vitamin C, asupan vitamin D, asupan protein, aktivitas fisik, paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi, dan kebiasaan minum *soft drink*) dengan variabel terikat densitas mineral tulang (DMT). Hubungan yang bermakna secara signifikan secara statistik ditunjukkan dengan nilai $p < 0,05$.

4.3.1.1 Hubungan Status Gizi dengan Densitas Mineral Tulang (DMT)

Hasil analisis statistik hubungan status gizi dengan DMT menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Analisis hubungan status gizi dengan densitas mineral tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p</i> - value
	Tidak Normal		Normal		n	%		
	n	%	n	%				
Status Gizi								
Kurus	27	29,7	9	15,3	36	24	2,344	0,043*
Normal-Gemuk	64	70,3	50	84,7	114	76	(1,012- 5,430)	

* Signifikan *p*-value $< 0,05$

Berdasarkan Tabel 4.7, mahasiswi berstatus gizi kurus yang memiliki DMT tidak normal sebanyak 27 orang (29,7%), hasil tersebut lebih banyak jika dibandingkan dengan mahasiswi yang kurus namun memiliki DMT normal yaitu 9 orang (15,3%). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada hubungan yang bermakna antara status gizi dengan DMT yang ditunjukkan oleh nilai p / p -value 0,043 ($p < 0,05$).

4.3.1.2 Hubungan Asupan Gizi dengan Densitas Mineral Tulang (DMT)

Asupan gizi yang dinilai pada penelitian ini antara lain asupan kalsium, fosfor, magnesium, vitamin C, vitamin D, dan protein. Hasil analisis statistik hubungan asupan kalsium dengan DMT mahasiswa Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Analisis hubungan asupan kalsium dengan densitas mineral tulang (DMT)

Asupan Kalsium	Tempat Tinggal	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR; 95% CI	<i>p-value</i>
		Tidak Normal		Normal		n	%		
		n	%	n	%				
Kurang (total)		78	85,7	31	52,5	109	72,7	5,419 (2,488-11,803)	0,000*
	Kost	54	59,3	15	25,4	69	46		
	Tidak Kost	24	26,4	16	27,1	40	26,7		
Cukup (total)		13	14,3	28	47,5	41	27,3		
	Kost	10	11	16	27,1	26	17,3		
	Tidak Kost	3	3,3	12	20,4	15	10		

* Signifikan *p-value* < 0,05

Berdasarkan Tabel 4.8, dapat diketahui bahwa pada mahasiswa dengan asupan kalsium kurang terdapat sebanyak 78 orang (85,7%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswa yang memiliki DMT normal yaitu 31 orang (52,5%). Sebagian besar mahasiswa dengan asupan kalsium kurang dan memiliki DMT tidak normal tinggal di rumah kost yaitu sebanyak 54 orang (59,3%). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara asupan kalsium dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,000 ($p < 0,05$). Asupan kalsium yang kurang merupakan faktor risiko tidak normalnya kepadatan tulang pada mahasiswa Unila yang ditunjukkan dengan nilai OR= 5,419 (CI: 2,488-11,803). Asupan kalsium yang kurang memiliki risiko 5,4 kali memiliki DMT tidak normal dibandingkan dengan asupan kalsium yang cukup.

Analisis statistik hubungan antara asupan fosfor dengan DMT mahasiswi Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Analisis hubungan asupan fosfor dengan densitas mineral tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p-value</i>
	Tidak Normal		Normal		n	%		
	n	%	n	%				
Asupan Fosfor								
Kurang	53	58,2	21	35,6	74	49,3	2,524	0,011*
Cukup	38	41,8	38	64,4	76	50,7	(1,283- 4,964)	

* Signifikan *p-value* < 0,05

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi dengan asupan fosfor kurang terdapat sebanyak 53 orang (58,2%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 21 orang (35,3%). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara asupan fosfor dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,011 ($p < 0,05$). Asupan fosfor yang kurang merupakan faktor risiko tidak normalnya kepadatan tulang pada mahasiswi Unila yang ditunjukkan dengan nilai OR= 2,524 (CI: 1,283-4,964). Asupan fosfor yang kurang memiliki risiko 2,5 kali memiliki DMT tidak normal dibandingkan dengan asupan fosfor yang cukup.

Analisis statistik hubungan antara asupan magnesium dengan DMT mahasiswi Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Analisis hubungan asupan magnesium dengan densitas mineral tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p-value</i>
	Tidak Normal		Normal					
	n	%	n	%	n	%		
Asupan Magnesium								
Kurang	55	60,4	38	64,4	93	62	NA	0,751
Cukup	36	39,6	21	35,6	57	38		

Berdasarkan Tabel 4.10, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi dengan asupan magnesium kurang terdapat sebanyak 55 orang (60,4%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 38 orang. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara asupan magnesium dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,751 ($p > 0,05$).

Selain asupan kalsium, fosfor dan magnesium, asupan zat gizi mikro lain yang berkaitan dengan kesehatan tulang antara lain vitamin C dan vitamin D. Analisis statistik hubungan antara asupan vitamin C dengan DMT mahasiswi Unila dijelaskan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Analisis hubungan asupan vitamin C dengan densitas mineral tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p-value</i>
	Tidak Normal		Normal					
	n	%	n	%	n	%		
Asupan Vitamin C								
Kurang	89	97,8	56	94,9	145	96,7	NA	0,382
Cukup	2	2,2	3	5,1	5	3,3		

Berdasarkan Tabel 4.11, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi dengan asupan vitamin C kurang terdapat sebanyak 89 orang (97,8%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi

yang memiliki DMT normal yaitu 56 orang (94,9%). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara asupan vitamin C dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,382 ($p > 0,05$).

Selanjutnya analisis statistik hubungan antara asupan vitamin D dengan DMT mahasiswa Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Analisis hubungan asupan vitamin D dengan densitas mineral tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p-value</i>
	Tidak Normal		Normal					
	n	%	n	%	n	%		
Asupan Vitamin D								
Kurang	85	93,4	52	88,1	137	91,3	NA	0,410
Cukup	6	6,6	7	11,9	13	8,7		

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat diketahui bahwa pada mahasiswa dengan asupan vitamin D kurang terdapat sebanyak 85 orang (93,4%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswa yang memiliki DMT normal yaitu 52 orang (88,1%). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara asupan vitamin D dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,410 ($p > 0,05$).

Protein merupakan zat gizi makro yang berkaitan dengan kepadatan tulang. Analisis statistik hubungan antara asupan protein dengan DMT mahasiswa Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Analisis hubungan asupan protein dengan densitas mineral tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p-value</i>
	Tidak Normal		Normal					
	n	%	n	%	n	%		
Asupan Protein								
Defisit	56	61,5	39	66,1	95	63,3	NA	0,694
Berlebih-Normal	35	38,5	20	33,9	55	36,7		

Berdasarkan Tabel 4.13, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi dengan asupan protein defisit terdapat sebanyak 56 orang (61,5%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 39 orang. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara asupan protein dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,694 ($p > 0,05$).

4.3.1.2 Hubungan Gaya Hidup dengan Densitas Mineral Tulang (DMT)

Faktor gaya hidup mahasiswi yang dinilai pada penelitian ini antara lain aktivitas fisik, paparan sinar matahari, kebiasaan minum kopi, dan kebiasaan minum *soft drink*. Hasil analisis statistik hubungan aktivitas fisik dengan DMT menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Analisis hubungan aktivitas fisik dengan densitas mineral tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p-value</i>
	Tidak Normal		Normal					
	n	%	n	%	n	%		
Aktivitas Fisik								
Rendah	65	71,4	31	52,5	96	64	2,288	0,029*
Tinggi-Sedang	26	28,6	28	47,5	54	36	(1,139- 4,475)	

* Signifikan *p-value* < 0,05

Berdasarkan Tabel 4.14, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi dengan aktivitas fisik rendah terdapat sebanyak 65 orang (71,4%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 31 orang (52,5%). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara aktivitas fisik dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,029 ($p < 0,05$). Aktivitas fisik yang rendah merupakan faktor risiko tidak normalnya kepadatan tulang pada mahasiswi Unila yang ditunjukkan dengan nilai OR= 2,288 (CI: 1,139-4,475). Aktivitas fisik yang

rendah memiliki risiko 2,3 kali memiliki DMT tidak normal dibandingkan dengan aktivitas fisik yang tinggi-sedang.

Faktor gaya hidup berupa paparan sinar matahari berkaitan dengan kepadatan tulang karena peran sinar matahari sangat penting yaitu untuk mengaktivasi vitamin D yang berperan dalam pembentukan tulang. Analisis statistik hubungan antara paparan sinar matahari dengan DMT mahasiswi Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Analisis hubungan paparan sinar matahari dengan densitas mineral Tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p</i> - <i>value</i>
	Tidak Normal		Normal					
	n	%	n	%	n	%		
Paparan Sinar Matahari								
Kurang	28	30,8	16	27,1	44	29,3	NA	0,767
Cukup	63	69,2	43	72,9	106	70,7		

Berdasarkan Tabel 4.15, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi dengan paparan sinar matahari yang kurang terdapat sebanyak 28 orang (30,8%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 16 orang. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara paparan sinar matahari dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,767 ($p > 0,05$).

Analisis statistik hubungan faktor gaya hidup berupa kebiasaan minum kopi dengan DMT mahasiswi Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Analisis hubungan kebiasaan minum kopi dengan densitas mineral Tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p</i> - <i>value</i>
	Tidak Normal		Normal		n	%		
	n	%	n	%				
Kebiasaan Minum Kopi								
Ya	26	28,6	21	35,6	47	31,4	NA	0,468
Tidak	65	71,4	38	64,4	103	68,7		

Berdasarkan Tabel 4.16, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi yang memiliki kebiasaan minum kopi didapatkan sebanyak 26 orang (28,6%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 21 mahasiswi. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kebiasaan minum kopi dengan DMT mahasiswi Unila yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,468 ($p > 0,05$).

Analisis statistik hubungan faktor gaya hidup berupa kebiasaan minum *soft drink* dengan DMT mahasiswi Unila menggunakan uji *chi-square* dijelaskan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Analisis hubungan kebiasaan minum *soft drink* dengan densitas Mineral Tulang (DMT)

Variabel	Densitas Mineral Tulang				Jumlah		OR (95% CI)	<i>p</i> - <i>value</i>
	Tidak Normal		Normal		n	%		
	n	%	n	%				
Kebiasaan minum <i>Soft Drink</i>								
Ya	18	19,8	10	17	28	31,3	NA	0,826
Tidak	73	80,2	49	83	122	68,7		

Berdasarkan Tabel 4.17, dapat diketahui bahwa pada mahasiswi yang memiliki kebiasaan minum *soft drink* didapatkan sebanyak 18 orang (19,8%) yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan

mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 10 orang. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kebiasaan minum *soft drink* dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,826 ($p > 0,05$).

4.3.2 Analisis Regresi Logistik

4.3.2.1 Seleksi Kandidat

Analisis menggunakan uji regresi logistik biner memiliki tujuan untuk mengetahui variabel bebas yang paling besar pengaruhnya terhadap variabel terikat. Tahap awal uji ini adalah dengan melakukan seleksi variabel yang akan menjadi kandidat dalam pemodelan regresi logistik. Variabel bebas atau independen yang menjadi kandidat adalah yang mempunyai nilai $p < 0,25$ dari analisis bivariat. Hasil analisis bivariat antara variabel bebas dan variabel terikat untuk seleksi kandidat dijelaskan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil analisis bivariat variabel independen dan variabel dependen

No	Variabel	<i>P-Value</i>	Keterangan
1.	Status gizi	0,043	Kandidat
2.	Asupan kalsium	0,000	Kandidat
3.	Asupan fosfor	0,011	Kandidat
4.	Asupan magnesium	0,751	-
5.	Asupan vitamin C	0,382	-
6.	Asupan vitamin D	0,410	-
7.	Asupan protein	0,694	-
8.	Aktivitas fisik	0,029	Kandidat
9.	Paparan sinar matahari	0,767	-
10.	Kebiasaan minum kopi	0,468	-
11.	Kebiasaan minum <i>soft drink</i>	0,826	-

Berdasarkan Tabel 4.18, variabel bebas yang masuk dalam seleksi kandidat analisis dengan uji regresi logistik adalah variabel status gizi, asupan kalsium, asupan fosfor, dan aktivitas fisik.

4.3.2.2 Uji Kelayakan Model

Tahapan awal dalam menilai model regresi yang dibuat apakah telah tepat atau tidak yaitu dengan melihat kelayakan model regresi. Pada uji kelayakan model (*Goodness of Fit Test*) melakukan penilaian seberapa tepat model regresi memprediksi dengan hasil dari data pengamatan. Model dapat dikatakan baik jika tidak terdapat perbedaan data dari hasil pengamatan dengan data dari uji prediksi. Uji yang dilakukan adalah *Hosmer Lemeshow* melalui pendekatan *Chi-square*. Model dikatakan mdapat memprediksi nilai observasi dan sesuai dengan data observasi jika didapatkan nilai signifikansi $> 0,05$. Sehingga bila didapatkan hasil yang tidak signifikan maka tidak ada perbedaan diantara data perkiraan model regresi logistik dengan data pengamatan. Hasil uji kelayakan model regresi dijelaskan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Uji kelayakan model regresi (*Hosmer and Lemeshow Test*)

<i>Chi-square</i>	<i>Df</i>	<i>Sig.</i>
1,682	2	0,431

Berdasarkan tabel 4.19 di atas, nilai *chi-square* yaitu 1,682 dan nilai $p = 0,431$ ($p > 0,05$). Nilai $p > 0,05$ menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antara data prediksi model regresi dengan data pengamatannya. Model regresi mampu memprediksi nilai observasi dengan baik dan cocok dengan data observasinya, dan dinyatakan layak untuk dilakukan analisis.

4.3.2.3 Koefisien Determinasi

Uji koefisien determinasi (R^2) merupakan digunakan untuk menilai besarnya proporsi variasi variabel terikat yang dijelaskan oleh variabel bebas. Nilai yang digunakan pada suatu koefisien determinasi yakni nol sampai satu. Jika koefisien determinasi (R^2) dekat angka satu (1), maka menunjukkan variabel terikat dijelaskan dengan baik oleh variabel bebasnya. Namun bila koefisien determinasi (R^2) menjauhi angka satu (1) atau mendekati angka nol (0),

menunjukkan variabel independen kurang baik dalam menjelaskan variabel dependennya. Hasil uji koefisien determinasi (R^2) dijelaskan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Uji koefisien determinasi (R^2) model regresi logistik

<i>-2 Log likelihood</i>	<i>Cox & Snell R Square</i>	<i>Nagelkerke R Square</i>
177.072a	0,148	0,200

Berdasarkan Tabel 4.20, nilai *Nagelkerke R Square* yaitu 0,200 yang menunjukkan kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen (DMT) yaitu sebesar 20% yang berarti 80% nya disebabkan oleh faktor atau variabel lain.

4.3.2.4 Pemodelan Analisis Regresi Logistik

Pemodelan analisis dengan uji regresi logistik pada penelitian ini menggunakan metode *backward stepwise (likelihood ratio)*. Metode ini memasukkan variabel independen secara serentak, kemudian variabel yang memiliki nilai $p > 0,05$ akan dikeluarkan satu persatu dari model, setiap pengeluaran variabel dari model akan dilakukan evaluasi nilai *odds ratio* (OR) pada masing-masing variabel, jika terjadi perubahan nilai $OR > 10\%$ maka variabel akan dipertahankan dalam model, namun jika perubahan pada nilai $OR < 10\%$ maka variabel akan dikeluarkan permanen dari model. Pada penelitian ini, pemodelan awal dengan analisis regresi logistik biner dijelaskan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Model awal analisis regresi logistik

Variabel	<i>B</i>	<i>P-value</i>	OR	<i>95% CI</i>	
				<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
Status gizi	0,970	0,042	2,639	1,035	6,782
Asupan kalsium	1,370	0,002	3,936	1,639	9,452
Asupan fosfor	0,609	0,142	1,838	0,816	4,140
Aktifitas Fisik	0,689	0,074	1,991	0,935	4,241
Constant	-5,811	0,000	0,000	-	-

Berdasarkan Tabel 4.21, pada pemodelan awal (*step 1*) terdapat 2 variabel dengan nilai $p < 0,05$ yaitu status gizi dan asupan kalsium sehingga variabel tersebut tetap ikut dalam analisis. Sedangkan variabel aktivitas fisik dan asupan fosfor memiliki nilai $p > 0,05$, sehingga variabel aktivitas fisik dan asupan fosfor akan dikeluarkan satu persatu dari pemodelan. Pemodelan selanjutnya (*step 2*) variabel aktivitas fisik dikeluarkan dari pemodelan. Pemodelan dilanjutkan hingga pemodelan akhir (*step 3*) dengan mengeluarkan variabel asupan fosfor dan didapatkan model akhir yang dijelaskan pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Model akhir analisis regresi logistik

Variabel	B	P-value	OR	95% CI	
				Lower	Upper
Status gizi	0,922	0,046	2,513	1,017	6,215
Asupan kalsium	1,722	0,000	5,597	2,525	12,406
Constant	-4,296	0,000	0,000	-	-

Berdasarkan Tabel 4.22, hasil akhir analisis regresi logistik menunjukkan bahwa terdapat dua variabel independen yang memiliki hubungan yang signifikan terhadap densitas mineral tulang mahasiswi Universitas Lampung yaitu variabel status gizi ($p\text{-value}=0,046$) dan asupan kalsium ($p\text{-value}=0,000$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa status gizi dan asupan kalsium merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi densitas mineral tulang mahasiswi Universitas Lampung. Selain itu, diperoleh nilai koefisien B dan nilai OR (*Odds Ratio*) variabel asupan kalsium adalah yang paling tinggi (OR: 5,597; CI: 2,525-12,406), hal tersebut menunjukkan bahwa asupan kalsium merupakan faktor yang paling kuat pengaruhnya terhadap densitas mineral tulang mahasiswi Universitas Lampung. Nilai OR pada asupan kalsium menunjukkan bahwa mahasiswi dengan asupan kalsium yang kurang lebih berisiko 5,597 kali mempunyai densitas mineral tulang yang tidak normal dibandingkan dengan mahasiswi dengan asupan kalsium yang kurang. Sedangkan nilai OR pada status gizi menunjukkan bahwa mahasiswi dengan status gizi kurus lebih berisiko 2,513 kali mempunyai densitas mineral tulang yang tidak normal dibandingkan dengan mahasiswi dengan status gizi

berlebih atau normal. Berdasarkan model akhir analisis regresi logistik didapatkan bahwa status gizi dan asupan kalsium merupakan faktor paling dominan yang berpengaruh terhadap DMT mahasiswi Universitas Lampung dan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$y = \text{Konstanta} + \beta_1x_1 + \beta_2x_2$$

DMT tidak normal = $-4,3 + 0,9$ status gizi kurang + $1,7$ asupan kalsium kurang

Berdasarkan persamaan di atas, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rerata skor pada mahasiswi Universitas Lampung dengan DMT normal, sehingga didapatkan nilai *cut off point* sebesar $-2,83$. Apabila nilai $y < -2,83$ maka tidak berisiko memiliki DMT yang tidak normal, namun bila $y \geq -2,83$ maka berisiko memiliki DMT tidak normal.

V. PEMBAHASAN

5.1 Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung

Pengukuran kepadatan tulang atau densitas mineral tulang (DMT) sangat penting sebagai upaya untuk mendeteksi kejadian osteoporosis. Usia remaja dan dewasa muda merupakan usia penting dalam penentuan kepadatan tulang seseorang terkait dengan risiko osteoporosis di masa mendatang. Hasil penelitian ini menunjukkan kepadatan tulang sebagian besar mahasiswi Unila dalam kategori tidak normal di mana terdapat 79 (52,7%) mahasiswi tergolong osteopenia dan ditemukan sebanyak 15 (10%) mahasiswi dengan kepadatan tulang yang telah masuk kategori osteoporosis. Prevalensi osteoporosis pada penelitian ini lebih rendah dari prevalensi osteoporosis wanita Indonesia yang dilaporkan oleh *International Osteoporosis Foundation (IOF)* yaitu 23% pada usia 50-80 tahun dan 53% pada usia 70-80 tahun. Namun penelitian ini dilakukan pada mahasiswi yang merupakan usia menuju puncak massa tulang, berbeda dengan wanita usia lebih dari 50 tahun yang lebih berisiko berkurangnya massa tulang terkait penurunan hormon estrogen. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Widyanti *et al.* (2017) yang mendapatkan kejadian osteopenia pada wanita usia subur sebesar 65% dan osteoporosis 2,9%. Selain itu, Cahyaningsih (2017) mengukur kepadatan tulang pada mahasiswa didapatkan kejadian osteopenia 21,1% dan osteoporosis 22,1%, sedangkan penelitian Desrida (2016) yang mengukur kepadatan tulang remaja putri didapatkan sebanyak 51,4% remaja putri memiliki DMT yang tidak normal.

Osteopenia merupakan kondisi di mana kepadatan tulang mulai berkurang dan meningkatkan risiko osteoporosis. Kepadatan tulang dapat berkurang setelah massa tulang puncak (*peak bone mass*) seiring dengan pertambahan usia. Massa tulang puncak terjadi pada sekitar usia 25-30 tahun (NOFSA, 2021). Seseorang yang mencapai massa tulang puncak dengan kepadatan tulang yang rendah akan

lebih meningkatkan risiko osteopenia dan osteoporosis. Menurut IOF, kejadian osteoporosis di Asia sangat kurang terdiagnosis dan kurang terobati bahkan sebagian besar ditemukan dalam keadaan telah terjadi patah tulang (IOF, 2023). Tingginya angka kejadian osteopenia dan osteoporosis yang didapatkan pada penelitian ini harus menjadi perhatian. Mahasiswi berada dalam usia menuju *peak bone mass* yang seharusnya memiliki kepadatan tulang yang optimal agar tidak terjadi osteoporosis kemudian hari, sehingga perlu dilakukan analisis terhadap faktor risiko terhadap berkurangnya kepadatan tulang antara lain dari faktor gizi serta gaya hidup yang berkaitan dengan kesehatan tulang.

5.2 Hubungan Status Gizi Terhadap Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung

Status gizi pada orang dewasa dapat diketahui dengan indeks massa tubuh (IMT). Hasil penelitian ini menunjukkan sebagian besar mahasiswi Unila memiliki IMT normal (66,7%), sebagian memiliki IMT kategori kurus (24%) dan kategori gemuk (9,3%). Hasil ini sejalan dengan penelitian Setyawati *et al.*(2013) menilai wanita dewasa muda sebagian besar memiliki IMT normal. Indeks massa tubuh yang tinggi berkaitan dengan massa tulang yang tinggi, efek massa tubuh ini diberikan oleh massa lemak tubuh dan massa otot. Namun pengurangan massa tubuh dapat menyebabkan pengurangan massa tulang berkaitan dengan kondisi defisiensi nutrisi (Rondanelli *et al.*, 2022). Kebutuhan zat gizi meningkat pada usia remaja akhir berkaitan dengan pertumbuhan pesat pada massa tubuh dan massa tulang sehingga permasalahan gizi sering terjadi pada usia ini yang digambarkan dengan keadaan status gizinya (Nuraini & Murbawani, 2020).

Status gizi memiliki keterkaitan dengan densitas mineral tulang. Hasil penelitian ini menunjukkan mahasiswi dengan status gizi kurus yang memiliki DMT tidak normal sebanyak 27 mahasiswi, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang kurus namun memiliki DMT normal yaitu 9 mahasiswi. Hasil analisis bivariat menggunakan uji *chi-square* menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara status gizi dengan DMT yang ditunjukkan oleh nilai $p / p\text{-value}$ 0,043 ($p > 0,05$).

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Limbong & Syahrul (2014) yang menunjukkan adanya hubungan indeks massa tubuh (IMT) dengan kepadatan tulang, IMT yang rendah merupakan faktor risiko terhadap penurunan massa tulang. Selain itu, penelitian Li (2022) menemukan hubungan berpola *Inverted U-shaped* antara IMT dan DMT, di mana seseorang dengan $IMT < 50 \text{ kg/m}^2$ peningkatan IMT berhubungan dengan peningkatan DMT, namun pada orang dengan $IMT > 50 \text{ kg/m}^2$ peningkatan IMT berhubungan dengan penurunan DMT. Penelitian Chuanga *et al* (2020) juga menemukan korelasi positif antara IMT dengan DMT. Meskipun risiko osteoporosis lebih rendah pada orang dengan status gizi gemuk, namun lemak *visceral* memiliki efek yang berlawanan dengan struktur tulang yaitu meningkatkan peradangan sistemik yang dapat menyebabkan peningkatan resorpsi tulang (Mazocco & Chagas, 2017).

Pengurangan dari massa tubuh mengakibatkan pengurangan massa tulang. Indeks massa tubuh yang lebih memiliki keterkaitan dengan tingginya massa tulang serta sebaliknya (Rondanelli *et al.*, 2022). Namun kelebihan berat badan dapat menyebabkan perubahan metabolisme berupa resistensi insulin dan produksi hormon androgen dan estrogen yang berlebihan sehingga mengurangi aktivitas osteoblas. Selain itu kelebihan produksi *adipokin* atau kadar *leptin* yang terkait asupan tinggi lemak dapat berkontribusi terhadap peningkatan penyerapan kalsium usus (Cristina & Longo, 2020). Lemak dapat membuat masa transit makanan pada saluran cerna meningkat, sehingga waktu untuk absorpsi kalsium lebih banyak (Almatsier, 2002).

5.3 Hubungan Asupan Gizi Terhadap Densitas Mineral Tulang Mahasiswa Universitas Lampung

5.3.1 Asupan Kalsium

Asupan gizi baik makronutrien maupun mikronutrien sangat penting untuk meningkatkan status kesehatan seseorang. Mineral kalsium merupakan mineral penting penyusun utama struktur tulang. Hasil penilaian asupan kalsium pada penelitian ini didapatkan bahwa asupan kalsium sebagian besar mahasiswi masih kurang yaitu sebanyak 108 (72%) orang. Nilai rerata asupan kalsium mahasiswi

sebesar 591 mg sedangkan nilai rerata angka kecukupan kalsium adalah 981 mg, sehingga rerata % AKG zat gizi kalsium yang terpenuhi yaitu 57%. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Noprisanti *et al.* (2018) yang menilai asupan kalsium remaja putri dan didapatkan asupan kalsium masih kurang dari nilai yang dianjurkan AKG untuk remaja putri.

Pola makan yang buruk berperan dalam perkembangan osteoporosis. Faktor nutrisi atau asupan gizi merupakan faktor yang dapat dioptimalkan sebagai upaya mendapatkan hasil kepadatan tulang yang baik. Kalsium dan vitamin D merupakan mikronutrien utama yang berperan dalam pembentukan massa tulang dan sangat penting untuk tulang (Al-khamash *et al.*, 2022). Kalsium tulang dalam keadaan seimbang dengan kalsium plasma pada konsentrasi 2,25-2,60 mmol/l (9-10,4 mg/100 ml) (Almatsier, 2002). Susu beserta hasil olahan susu merupakan sumber kalsium yang utama. Susu sapi yang mengandung kalsium sekitar 120 mg/100g (Rondanelli *et al.*, 2022). Selain itu, kalsium juga ditemukan pada produk non susu seperti ikan, udang, telur, sayuran hijau, tahu, kedelai, kerang (Damayanthi *et al.*, 2008).

Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara asupan kalsium dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,000 ($p < 0,05$). Asupan kalsium yang kurang merupakan faktor risiko tidak normalnya kepadatan tulang pada mahasiswi Unila yang ditunjukkan dengan nilai OR= 5,419 (CI: 2,488-11,803). Asupan kalsium yang kurang memiliki risiko 5,4 kali memiliki DMT tidak normal dibandingkan dengan asupan kalsium yang cukup.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Desrida *et al.* (2017) bahwa asupan kalsium berhubungan signifikan dengan kepadatan tulang remaja putri (*p-value* = 0,000). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Pan *et al.* (2020) juga menunjukkan bahwa asupan kalsium berkorelasi positif dengan DMT total pada remaja. Penelitian oleh Chuanga *et al* (2020) juga menemukan korelasi positif antara asupan kalsium dengan DMT. Setelah mencapai *peak bone mass* pada usia dewasa awal, massa tulang dapat berkurang seiring bertambahnya usia terutama pada wanita akan lebih berisiko kehilangan

massa tulang akibat kehamilan dan menopause (Méndez-Gallegos *et al.*, 2018). Pengurangan massa tulang terutama pada usia 50 tahun pada laki-laki serta perempuan, namun kecepatan pengurangan massa tulang perempuan lebih tinggi terkait hormon estrogen (Almatsier, 2002). Potensi penyerapan kalsium lebih tinggi di periode pertumbuhan dan mengalami penurunan seiring bertambah usia. Terdapat faktor yang meningkatkan penyerapan kalsium pada usus diantaranya vitamin D serta protein (Almatsier, 2002).

Kalsium merupakan mikronutrien yang diperlukan dalam membentuk tulang dan mengatur proses fisiologis dan biokimia tulang. Apabila kalsium di darah dalam kadar normal, menunjukkan adanya keseimbangan mineralisasi dan demineralisasi tulang (Sari, 2016). Apabila kalsium di dalam tubuh berkurang maka hormon *paratiroid* (PTH) akan dikeluarkan dan cadangan kalsium diambil dari dalam bagian tubuh lain yaitu tulang sehingga akan mengurangi kepadatannya (Crockett *et al.*, 2011).

Ikan yang dimakan dengan tulang misalnya ikan teri kering, ikan seluang, ikan bilis, merupakan salah satu sumber kalsium yang baik. Ikan teri kering mengandung 1200 mg kalsium per 100 gram (Almatsier, 2002). Kandungan kalsium ikan teri tersebut jauh lebih besar dibandingkan dengan ikan lele (23,8 mg), ikan (23,6 mg), ikan mas (299 mg), serta ikan tongkol (321 mg). Udang kering juga memiliki kandungan kalsium yang tinggi, yaitu sebanyak 1209 mg. Selain itu makanan yang mengandung kalsium tinggi yaitu tepung susu (904 mg) dan keju (777 mg) (Almatsier, 2002).

Hasil penelitian menunjukkan 78 dari 150 mahasiswi memiliki asupan kalsium yang kurang dan DMT yang tidak normal. Berdasarkan hasil penilaian konsumsi, jenis makanan sumber kalsium yang paling banyak dikonsumsi sebagian besar mahasiswi Unila antara lain ayam, telur, serta ikan lele. Kandungan kalsium per 100 gram ayam adalah 11 mg dan kandungan kalsium telur ayam adalah 14 mg. Jenis makanan yang dikonsumsi sebagian besar mahasiswi Unila bukan merupakan jenis makanan yang mengandung kalsium tinggi.

Berdasarkan hasil wawancara, sebagian besar mahasiswi dengan asupan kalsium kurang dan memiliki DMT tidak normal tinggal di rumah kost yaitu sebanyak 54 orang (59,3%) yang mengharuskan mereka mencari atau menyediakan makanan sendiri dan memilih makanan sesuai selera yang mereka sukai. Selain itu tidak semua mahasiswi Unila yang mengonsumsi susu dan ikan yang merupakan sumber utama kalsium. Jenis ikan yang dikonsumsi mahasiswi Unila antara lain ikan lele, ikan tongkol, ikan teri, ikan layur serta ikan mujair.

Asupan kalsium terbukti merupakan faktor yang memengaruhi kepadatan tulang mahasiswi Unila. Oleh karena itu, asupan kalsium yang cukup dari sumber makanan yang mengandung kalsium tinggi harus dimulai sejak dini oleh mahasiswi untuk mengoptimalkan kepadatan tulang. Mahasiswa dapat mengonsumsi susu atau ikan yang merupakan sumber utama kalsium. Ikan teri merupakan ikan yang mengandung lebih banyak kalsium dibandingkan ikan lele serta juga mudah didapatkan, sehingga konsumsi ikan teri lebih direkomendasikan untuk mahasiswi Unila dibandingkan ikan lele untuk meningkatkan asupan kalsium tubuh.

5.3.2 Asupan Fosfor

Selain kalsium, mineral lain yang menyusun matriks tulang adalah fosfor. Hasil penelitian ini menunjukkan asupan fosfor dari 150 mahasiswi Universitas Lampung yaitu terdapat 76 (50,7%) mahasiswi yang mendapatkan asupan fosfor yang cukup dan sebanyak 74 (49,3%) lainnya mendapatkan asupan fosfor yang kurang. Nilai rerata asupan fosfor mahasiswi sebesar 683 mg sedangkan nilai rerata angka kecukupan fosfor adalah 747 mg, dan rerata % AKG zat gizi fosfor yang terpenuhi 100%. Sumber makanan yang kaya fosfor antara lain susu sapi, ikan, telur, gandum, keju, cokelat, jamur (Rondanelli *et al.*, 2022). Selain itu, fosfor juga terkandung pada kacang-kacangan (Almatsier, 2002). Pola makan mahasiswi Unila masih kurang mengonsumsi susu dan ikan yang merupakan sumber mineral fosfor.

Hasil penelitian ini menunjukkan mahasiswi dengan asupan fosfor kurang terdapat sebanyak 53 (58,2%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 21 (35,3%) orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* hubungan asupan fosfor dan DMT menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara asupan fosfor dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,011 ($p < 0,05$). Asupan fosfor yang kurang merupakan faktor risiko tidak normalnya kepadatan tulang pada mahasiswi Unila yang ditunjukkan dengan nilai $OR = 2,524$ ($CI: 1,283-4,964$). Asupan fosfor yang kurang memiliki risiko 2,5 kali memiliki DMT tidak normal dibandingkan dengan asupan fosfor yang cukup.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Noprisanti *et al.* (2018) bahwa asupan fosfor berhubungan positif dengan kepadatan tulang remaja putri (*p-value* = 0,010). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh A. W. Lee & Cho (2015) juga menunjukkan bahwa asupan fosfor juga berkorelasi positif dengan DMT serta *bone mineral content* pada remaja putri. Fosfor merupakan mineral yang terkandung dalam matriks tulang selain mineral kalsium. Asupan fosfor berperan penting dalam pembentukan tulang di waktu pertumbuhan. Rendahnya kadar fosfat dalam serum dapat membatasi proses mineralisasi tulang. Mempertahankan homeostasis fosfor ekstraseluler sangat penting untuk kesehatan tulang. Kekurangan fosfor kronis dapat menyebabkan demineralisasi tulang dan pengeroposan tulang melalui resorpsi (Rondanelli *et al.*, 2022). Meskipun fosfor merupakan mineral penting untuk tulang, konsumsi fosfor berlebihan tidak baik. Perbandingan rasio fosfor yang tinggi terhadap kalsium dalam makanan mengakibatkan penurunan absorpsi kalsium dikarenakan pembentukan kalsium oksalat yang tidak larut air. Rasio kalsium : fosfor yang direkomendasikan adalah 1:1, jika rasio bergeser ke arah fosfor maka merupakan indikasi asupan kalsium yang rendah. Selain itu, asupan fosfor yang tinggi namun asupan kalsium rendah dapat meningkatkan kadar hormon paratiroid dan menyebabkan peningkatan resorpsi tulang (Vorland *et al.*, 2017). Asupan fosfor merupakan faktor yang memengaruhi kepadatan tulang mahasiswi Unila sehingga penting menjaga asupan mineral fosfor dan kalsium yang cukup dan seimbang.

5.3.3 Asupan Magnesium

Selain kalsium dan fosfor, mineral lain yang penting untuk tulang adalah magnesium. Hasil penelitian ini menunjukkan asupan magnesium dari 150 mahasiswi Universitas Lampung sebagian besar menunjukkan masih kurang yaitu 93 (62%) mahasiswi. Nilai rerata asupan magnesium mahasiswi sebesar 218 mg sedangkan nilai rerata angka kecukupan fosfor adalah 299 mg, dan rerata % AKG zat gizi magnesium yaitu 76%. Sumber makanan dari mineral magnesium antara lain ikan, sayuran hijau seperti bayam, kacang-kacangan seperti almond dan kacang mete, serta labu. (Rondanelli *et al.*, 2022). Pola makan mahasiswi Unila masih kurang mengonsumsi ikan dan sayuran yang merupakan sumber mineral magnesium.

Hasil penelitian ini menunjukkan pada mahasiswi dengan asupan magnesium kurang terdapat sebanyak 55 (60,4%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 36 orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara asupan magnesium dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,751 ($p > 0,05$). Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Noprisanti *et al.* (2018) bahwa asupan magnesium berhubungan positif dengan kepadatan tulang remaja putri (*p-value* = 0,041). Selain itu, penelitian ini juga tidak sejalan dengan meta-analisis dari 4 studi terkait pengaruh magnesium terhadap tulang yang dilakukan oleh Groenendijk *et al.* (2022) menunjukkan bahwa asupan magnesium menunjukkan hubungan yang positif antara asupan magnesium dengan DMT tulang panggul.

Di dalam tubuh, magnesium berada pada tulang (53%), otot (27%), jaringan lunak (19%) dan kurang dari 1% berada pada serum. Magnesium berfungsi sebagai koenzim salah satunya dalam konversi vitamin D yang merupakan vitamin yang berperan dalam metabolisme kalsium dan peran pendukung dalam fungsi normal kelenjar paratiroid (Rondanelli *et al.*, 2022). Kekurangan magnesium dapat mengakibatkan peningkatan pelepasan sitokin proinflamasi yang mendorong aktivitas osteoklas, dan penurunan kadar Hormon

Paratiroid (PTH) dan 25-hidroksivitamin D [25 (OH)D]. Asupan magnesium tidak terbukti sebagai faktor yang memengaruhi kepadatan tulang mahasiswi Unila. Namun, terdapat mekanisme bagaimana magnesium memengaruhi kesehatan tulang, serta terdapat peningkatan risiko osteoporosis akibat kekurangan magnesium maka asupan magnesium yang cukup pada mahasiswi sangat disarankan untuk mencegah osteoporosis.

5.3.4 Asupan Vitamin C

Hasil penelitian ini asupan vitamin C dari 150 mahasiswi Universitas Lampung sebagian besar menunjukkan masih kurang yaitu 145 (96,7%) mahasiswi. Nilai rerata asupan vitamin C mahasiswi hanya 14 mg sedangkan nilai rerata angka kecukupan vitamin C adalah 71 mg, dan rerata % AKG zat gizi vitamin C yaitu 20%. Sayur-sayuran dan buah-buahan merupakan sumber vitamin C terbaik (Rondanelli *et al.*, 2022). Pola makan mahasiswi Unila masih kurang mengonsumsi sayur dan buah yang merupakan sumber vitamin C.

Hasil analisis hubungan asupan vitamin C dengan DMT mahasiswi Unila didapatkan bahwa pada mahasiswi dengan asupan vitamin C kurang terdapat sebanyak 89 (97,8%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan responden yang memiliki DMT normal yaitu 56 (94,9%) orang. Hasil analisis bivariat uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara asupan vitamin C dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,382 ($p > 0,05$). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramayulis *et al.* (2011) bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara asupan vitamin C dengan DMT. Namun penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Kim *et al.* (2016) yang menunjukkan hubungan yang positif antara asupan vitamin C dengan DMT pada tulang panggul dan *femoral neck*.

Vitamin C membantu penyerapan kalsium yang peranannya menjaga kalsium berada berbentuk larutan dan membantu pertumbuhan osteoblast. Asupan vitamin C yang cukup tidak hanya bermanfaat dalam meningkatkan kesehatan tulang secara umum, tetapi juga dapat mencegah *osteopenia* dan osteoporosis

serta kejadian patah tulang atau fraktur (Rondanelli *et al.*, 2022). Efek metabolisme vitamin C dapat merangsang procollagen yang meningkatkan sintesis kolagen dan merangsang aktivitas fosfatase yang merupakan penanda untuk pembentukan osteoblast (Kim *et al.*, 2016). Asupan vitamin C tidak terbukti sebagai faktor yang memengaruhi kepadatan tulang mahasiswi Unila. Namun, terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa terdapat potensi vitamin C mencegah penurunan massa tulang sehingga asupan vitamin C yang cukup pada mahasiswi sangat disarankan untuk mengoptimalkan kepadatan tulang.

5.3.5 Asupan Vitamin D

Vitamin D beserta kalsium adalah zat gizi yang penting untuk kesehatan tulang. Hasil penelitian ini asupan vitamin D dari 150 mahasiswi Universitas Lampung sebagian besar menunjukkan masih kurang yaitu 13 (92%) mahasiswi. nilai rerata asupan vitamin D mahasiswi 4 mcg sedangkan nilai rerata angka kecukupan vitamin D adalah 14 mcg, dan rerata % AKG vitamin D yaitu 30%. Tidak banyak sumber vitamin D yang berasal dari bahan makanan. Makanan bersumber dari hewan adalah sumber vitamin D yang utama yaitu berbentuk *kolekalsiferol*. Ikan berlemak seperti ikan salmon, ikan tuna, atau mackerel beserta minyak hati ikan merupakan sumber vitamin D yang terbaik. Kuning telur, hati, dan keju mengandung sedikit vitamin D (Rondanelli *et al.*, 2022). Asupan vitamin D juga didapatkan dari paparan sinar matahari selain dari makanan, sehingga meskipun asupan vitamin D dari makanan masih kurang dapat dipenuhi kebutuhan akan vitamin D dari paparan sinar matahari sesuai rekomendasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada mahasiswi dengan asupan vitamin D kurang terdapat sebanyak 85 (93,4%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 52 (88,1%) orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara asupan vitamin D dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,410 ($p > 0,05$). Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh

Kopiczko *et al.* (2020) bahwa konsentrasi serum 25(OH) D berhubungan signifikan dengan peningkatan DMT pada dewasa muda usia 19-24 tahun.

Vitamin D berperan penting bagi kesehatan tulang. Vitamin D mengatur kalsium dan fosfor agar berada di dalam darah dalam proses pembentukan tulang. Kekurangan vitamin D dalam bentuk aktif dapat menghambat absorpsi kalsium (Almatsier, 2002). Vitamin D dapat membantu peningkatan penyerapan kalsium oleh usus sehingga memenuhi kebutuhan untuk tulang. Faktor terpenting yang mempengaruhi kadar serum 25(OH)D adalah paparan sinar matahari karena sangat sedikit makanan yang secara alami (Rondanelli *et al.*, 2022). Asupan vitamin D tidak terbukti sebagai faktor yang memengaruhi kepadatan tulang mahasiswi Unila. Namun, penting untuk menjaga terpenuhinya asupan vitamin D baik dari diet maupun paparan sinar matahari karena peran vitamin D yang sangat penting sebagai pengatur keseimbangan kalsium dan fosfor dalam tubuh, maka asupan vitamin D yang cukup pada mahasiswi harus dipenuhi.

5.3.6 Asupan Protein

Protein merupakan makronutrien yang berperan dalam pembentukan massa tulang. Hasil penelitian ini asupan protein sebagian besar mahasiswi masuk kategori defisit yaitu sebanyak 93 (62%) mahasiswi. Nilai rerata asupan protein mahasiswi sebesar 50 g sedangkan nilai rerata angka kecukupannya adalah 85 g, dan rerata % AKG mahasiswi untuk protein adalah 89%. Asupan makanan harus memenuhi kebutuhan protein karena peranan zat gizi ini sangat penting untuk kesehatan termasuk kesehatan tulang untuk mencegah penurunan densitas tulang dan kehilangan otot (Rondanelli *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada mahasiswi dengan asupan protein defisit terdapat sebanyak 56 (61,5%) orang dengan DMT yang tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswi yang memiliki DMT normal yaitu 39 orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antara asupan protein dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,694 ($p > 0,05$). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Noprisanti *et al.* (2018) bahwa tidak terdapat hubungan

yang signifikan antara asupan protein dengan DMT pada remaja putri. Namun penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Groenendijk *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa total asupan protein yang lebih tinggi dan asupan protein dari sumber hewani berhubungan dengan peningkatan kepadatan tulang.

Peningkatan asupan protein melebihi nilai yang direkomendasikan yaitu 0.8-0.9 g/kg/hari pada kondisi tertentu misalnya usia tua, bermanfaat untuk kesehatan tulang karena terjadi peningkatan DMT dan *bone turnover* sehingga risiko patah tulang lebih rendah. Asupan protein yang cukup setidaknya 1 g/kgbb sangat penting untuk mempertahankan DMT yang memadai dan kekuatan massa otot. Oleh karena itu, asupan makanan harus mengandung makanan dengan protein hewani dan protein nabati untuk mencegah penurunan densitas tulang dan kehilangan otot (Rondanelli *et al.*, 2022). Asupan protein tidak terbukti sebagai faktor yang memengaruhi kepadatan tulang mahasiswi Unila. Namun, protein merupakan makronutrien penting untuk kesehatan tubuh secara umum dan dapat menunjang kesehatan tulang, sehingga mahasiswi harus memperhatikan kualitas makanan yang mengandung asupan protein yang mencukupi kebutuhan tiap individu.

5.4 Hubungan Gaya Hidup Terhadap Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung

5.4.1 Aktivitas Fisik

Selain asupan gizi, faktor gaya hidup juga berperan terhadap kepadatan tulang salah satunya aktivitas fisik. Sebanyak 50 (33,3%) mahasiswi yang beraktivitas fisik berat dalam 7 hari terakhir, sebanyak 87 (58%) mahasiswi yang melakukan aktivitas fisik sedang dalam 7 hari terakhir, dan sebagian besar mahasiswi yaitu 144 (84%) mahasiswi menyatakan bahwa dalam 7 hari terakhir mereka telah berjalan kaki selama minimal 10 menit setiap hari. Penelitian Purwanti *et al.* (2015) menilai faktor gaya hidup yang berkaitan dengan kepadatan tulang pada remaja di mana sebanyak 5% memiliki aktivitas fisik yang kurang, 32% kurang mendapat paparan sinar matahari, dan sebanyak 40% memiliki kebiasaan minum *soft drink*. Kepadatan tulang erat dengan gaya hidup seperti diet

yang cukup, mendapat paparan sinar matahari, serta berolahraga. Aktivitas fisik dapat meningkatkan massa tulang dengan meningkatkan *bone turnover* atau pergantian tulang (Troy *et al.*, 2018).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada mahasiswi dengan aktivitas fisik rendah terdapat sebanyak 65 (71,4%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan responden yang memiliki DMT normal yaitu 31 (52,5%) orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara aktivitas fisik dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,029 ($p < 0,05$). Aktivitas fisik yang rendah merupakan faktor risiko tidak normalnya kepadatan tulang pada mahasiswi Unila yang ditunjukkan dengan nilai OR= 2,288 (CI: 1,139-4,475). Aktivitas fisik yang rendah memiliki risiko 2,3 kali memiliki DMT tidak normal dibandingkan dengan aktivitas fisik yang tinggi-sedang.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Desrida *et al.* (2017) yang menunjukkan adanya korelasi antara tingkat aktivitas fisik dengan densitas tulang remaja putri. Selain itu, penelitian Lee *et al.* (2021) juga sejalan dengan penelitian ini yang menunjukkan peningkatan DMT lumbal pada wanita yang mengonsumsi susu dan aktivitas fisik yang tinggi. Penelitian Kopiczko (2020) menunjukkan aktivitas fisik yang cukup dan tinggi di masa lampau maupun sekarang memengaruhi DMT pada wanita usia > 40 tahun. Aktivitas fisik bermanfaat bagi kesehatan, termasuk kesehatan tulang. Semakin rendah aktivitas fisik, maka lebih berisiko penurunan DMT. Selama latihan fisik, kekuatan yang ditransmisikan melalui kerangka pada tulang menghasilkan sinyal mekanis yang dikenali oleh osteosit selanjutnya akan memicu serangkaian respons biokimia yang menyebabkan peningkatan pergantian tulang (*bone turnover*). Sebagian besar mahasiswi Unila memiliki gaya hidup dengan tingkat aktivitas fisik yang rendah, hal ini harus menjadi perhatian karena aktivitas fisik sangat erat dengan kesehatan salah satunya kesehatan tulang sehingga aktivitas fisik mahasiswi harus ditingkatkan.

5.4.2 Paparan Sinar Matahari

Sebagian besar mahasiswi Universitas Lampung mendapatkan paparan sinar matahari yang cukup yaitu sebanyak 142 (94,7%) mahasiswi yang melakukan kegiatan *outdoor* yang terkena sinar matahari. Sebagian besar mahasiswi melakukan kegiatan *outdoor* yang terkena sinar matahari sesuai dengan rekomendasi Kemenkes RI dengan frekuensi paling banyak dilakukan mahasiswi yaitu ≥ 3 kali seminggu. Waktu responden terpapar sinar matahari paling banyak pada pukul 06-09.00 dan $>09.00- <15.00$. Paparan sinar matahari sangat diperlukan untuk memenuhi asupan vitamin D yang tidak terpenuhi dari asupan bersumber dari makanan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada mahasiswi dengan paparan sinar matahari yang kurang terdapat sebanyak 28 (30,8%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan responden yang memiliki DMT normal yaitu 16 orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara paparan sinar matahari dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,767 ($p > 0,05$). Penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh H. J. Lee *et al.* (2021) yang menunjukkan paparan sinar matahari berhubungan dengan DMT pada wanita. Selain itu, penelitian ini juga tidak sejalan dengan penelitian Soomro *et al.* (2017) yang menunjukkan bahwa paparan sinar matahari merupakan faktor yang berhubungan signifikan dengan kejadian osteopenia pada pelajar wanita usia 20-30 tahun.

Kurangnya pajanan terhadap sinar matahari dapat menyebabkan defisiensi vitamin D. Vitamin D dari asupan makanan tidak dapat memenuhi kebutuhan tubuh dikarenakan tidak banyaknya makanan yang mengandung vitamin D, sehingga membutuhkan peranan sinar matahari (Rondanelli *et al.*, 2022). Vitamin D yang disintesis di kulit dapat bertahan di dalam tubuh dua kali lebih lama dibandingkan vitamin D dari sumber makanan atau suplementasi (Harinarayan, 2019). Mahasiswi Unila sebagian besar memperoleh pajanan sinar matahari yang cukup dan harus senantiasa dilakukan sesuai rekomendasi kemenkes sinar

matahari pagi pukul 09.00 hingga 15.00 dengan durasi 10 sampai 15 menit dilakukan 3 kali per minggu untuk mencukupi kebutuhan vitamin D.

5.4.3 Kebiasaan Minum Kopi

Faktor gaya hidup berupa kebiasaan minum kopi berkaitan dengan kepadatan tulang. Hasil penelitian menunjukkan sebanyak 48 (32%) mahasiswi Unila memiliki kebiasaan minum kopi. Sebagian besar mahasiswi minum kopi sebanyak 1-2 cangkir/ minggu yaitu sebanyak 25 (52%) mahasiswi. Waktu minum kopi sebagian besar mahasiswi adalah malam hari dan kopi susu merupakan jenis kopi yang paling banyak dikonsumsi mahasiswi. Sebagian mahasiswi mengonsumsi kopi di malam hari saat akan mengerjakan tugas atau belajar menghadapi ujian mata kuliah. Kopi merupakan salah satu sumber dari kafein yang berkaitan dengan densitas tulang. Kebiasaan minum kopi atau teh melebihi satu gelas sehari dapat meningkatkan risiko osteoporosis (Rondanelli *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada responden yang memiliki kebiasaan minum kopi didapatkan sebanyak 26 (28,6%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan responden yang memiliki DMT normal yaitu 21 orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kebiasaan minum kopi dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,468 ($p > 0,05$). Penelitian ini sejalan dengan penelitian Adıgüzel (2022) yang menunjukkan konsumsi kafein yang tinggi secara signifikan berhubungan dengan nilai *T-score* yang lebih rendah. Namun penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Salmiati & Ratih (2019) yang mendapatkan adanya korelasi antara konsumsi kafein dengan densitas mineral tulang wanita usia subur.

Asupan kafein yang tidak berlebihan tidak membahayakan kesehatan manusia. Namun, kafein dosis tinggi dapat menimbulkan efek pada metabolisme tulang dan aktivitas osteoblastik (Adıgüzel, 2022). Kafein dapat menghambat penyerapan kalsium dan meningkatkan ekskresi cadangan kalsium melalui urin dan feses. Konsumsi kafein sekitar 300-400 mg dalam sehari dapat mengganggu

keseimbangan mineral kalsium pada tulang (Rondanelli *et al.*, 2022). Namun penelitian ini menilai konsumsi kafein hanya dari kebiasaan minum kopi dan *soft drink* tanpa disertai kebiasaan minum teh serta tidak mengukur jumlah konsumsi kafein mahasiswa. Saat ini tren dewasa muda terkait kebiasaan minum kopi termasuk pada mahasiswa meningkat seiring hadirnya pengaruh sosial media dan pergaulan. Selain itu, akses mahasiswa untuk mendapatkan minuman kopi sangat mudah karena banyak café yang menjual berbagai jenis minuman kopi. Mahasiswa kerap mengunjungi café saat berkumpul atau bersosialisasi dengan teman sebaya dan juga ketika mengerjakan tugas kuliah baik individu maupun berkelompok. Konsumsi kafein yang berlebihan yang dapat mengganggu kesehatan tulang, namun sebagian besar mahasiswa mengonsumsi kopi dalam jumlah yang tidak banyak dan jenis kopi yang dikonsumsi paling banyak adalah kopi susu yang memiliki kandungan kafein lebih sedikit dibandingkan kopi hitam sehingga tidak menunjukkan adanya pengaruh terhadap kepadatan tulang mahasiswa Unila.

5.4.4 Kebiasaan Minum *Soft Drink*

Sebagian besar mahasiswa Unila tidak memiliki kebiasaan minum *soft drink* (81,3%). Mahasiswa yang memiliki kebiasaan minum *soft drink* adalah sebanyak 28 responden (18%) yang sebagian besar mengonsumsi *soft drink* <1 liter dalam seminggu (96,4%) dan hanya terdapat satu mahasiswa (3,6%) yang mengonsumsi *soft drink* sebanyak ≥ 1 liter dalam seminggu. Waktu mahasiswa minum *soft drink* paling banyak di waktu siang hari. Jenis *soft drink* yang dikonsumsi mahasiswa antara lain coca-cola, sprite, fanta, dan tebs. *Soft drink* atau minuman berkarbonasi juga merupakan salah satu sumber kafein. Kafein yang terutama terkandung dalam kopi dan *soft drink* dapat menyebabkan meningkatnya kehilangan kalsium dalam urin (Alshanbari *et al.*, 2018).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada mahasiswa yang memiliki kebiasaan minum *soft drink* didapatkan sebanyak 18 (19,8%) orang yang memiliki DMT tidak normal, hasil tersebut lebih banyak dibandingkan dengan mahasiswa yang memiliki DMT normal yaitu 10 orang. Hasil analisis bivariat dengan uji statistik *chi-square* menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang bermakna

antara kebiasaan minum *soft drink* dengan DMT yang ditunjukkan oleh *p-value* 0,826 ($p > 0,05$). Penelitian ini sejalan dengan penelitian Kremer *et al.* (2019) yang tidak menunjukkan adanya hubungan dengan konsumsi *soft drink* dengan nilai *T-score* tulang panggul dan lumbal. Namun penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hammad & Benajiba (2017) yang menunjukkan konsumsi *soft drink* yang tinggi berkaitan dengan kejadian osteopenia dan osteoporosis, konsumsi *soft drink* berhubungan secara negatif dengan nilai *T-score* remaja putri.

Soft drink atau minuman berkarbonasi juga mengandung kafein, asam fosfat, aspartame, saccharine serta karbon dioksida. Ketidakseimbangan kalsium dapat terjadi ketika penyerapan kalsium terganggu. Asam fosfat merupakan zat yang dapat mengganggu penyerapan kalsium. Asam fosfat yang terkandung dalam *soft drink* merupakan pengikat kalsium. Asam fosfat akan menghilangkan kalsium dan magnesium dari tulang dan dapat menyebabkan penurunan kepadatan tulang (Hurria *et al.*, 2021).

5.5 Pengaruh Status Gizi dan Asupan Kalsium Terhadap Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung

Berdasarkan analisis regresi logistik biner didapatkan bahwa status gizi bersama dengan asupan kalsium memiliki pengaruh terhadap densitas mineral tulang (DMT) mahasiswi Universitas Lampung. Hasil akhir model regresi logistik didapatkan status gizi memiliki pengaruh terhadap DMT mahasiswi Unila dengan *p-value*= 0,046. Berdasarkan nilai *odds ratio* (OR: 2,513; CI: 1,017-6,215) menunjukkan bahwa mahasiswi dengan status gizi kurus lebih berisiko 2,5 kali mempunyai densitas mineral tulang yang tidak normal dibandingkan dengan mahasiswi dengan status gizi berlebih atau normal.

Asupan kalsium memiliki pengaruh terhadap DMT mahasiswi Unila dengan *p-value*= 0,000 dan diperoleh nilai *Odds Ratio* asupan kalsium adalah yang paling tinggi (OR: 5,597; CI: 2,525-12,406). Nilai OR pada asupan kalsium menunjukkan bahwa mahasiswi dengan asupan kalsium yang kurang lebih berisiko 5,6 kali mempunyai densitas mineral tulang yang tidak normal

dibandingkan dengan mahasiswi dengan asupan kalsium yang kurang. Asupan kalsium merupakan faktor paling dominan yang memengaruhi DMT mahasiswi Universitas Lampung.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Limbong & Syahrul (2014) yang menunjukkan adanya pengaruh indeks massa tubuh (IMT) dengan kepadatan tulang, IMT yang rendah merupakan faktor risiko terhadap penurunan massa tulang. Selain itu, penelitian Li (2022) menemukan pengaruh antara IMT dan DMT. Penelitian oleh Desrida *et al.* (2017) menemukan asupan kalsium memiliki pengaruh dengan kepadatan tulang remaja putri.

Faktor gizi berupa status gizi dan asupan kalsium merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kepadatan tulang mahasiswi Unila. Bahan makanan yang banyak mengandung kalsium diantaranya susu, keju, yogurt, udang, teri kering, sardines, serta jenis ikan lainnya (Almatsier, 2002). Pemenuhan gizi bagi mahasiswi yang merupakan kelompok usia subur yang sering terabaikan karena berbagai faktor, misalnya mahasiswi yang tinggal di kost yang harus mencari atau membeli makan sendiri tanpa disediakan lagi oleh orang tua atau mahasiswi yang memiliki keterbatasan uang saku untuk membeli makan-makanan yang bergizi. Sehingga perlu menjadi perhatian bersama terhadap pemenuhan kebutuhan gizi mahasiswi agar dapat memiliki status kesehatan yang baik.

5.5 Keterbatasan Penelitian

Peneliti menemukan beberapa keterbatasan dalam proses pelaksanaan penelitian ini, yaitu :

1. Penelitian ini tidak menilai kebiasaan konsumsi teh yang juga mengandung kafein yang dapat mengganggu penyerapan kalsium.
2. Adanya keterbatasan saat melakukan wawancara terkait daya ingat responden untuk mengingat konsumsi mereka yang telah lalu.
3. Penilaian kalsium hanya melalui survei konsumsi tidak ada pemeriksaan bikomia kadar kalsium darah untuk mendapatkan hasil penilaian kalsium tubuh yang lebih obyektif.

VI. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan paparan hasil penelitian yang telah disampaikan pada bab-bab sebelumnya, maka kesimpulan dari penelitian ini antara lain :

1. Mahasiswi Unila sebagian besar memiliki densitas mineral tulang (DMT) tidak normal berupa osteopenia sebanyak 52,7% dan osteoporosis sebanyak 10%. Status gizi sebagian besar mahasiswi dalam kategori normal. Asupan gizi serupa asupan kalsium, asupan magnesium, asupan vitamin C, asupan vitamin D, dan asupan protein mahasiswa Unila sebagian besar masih kurang, namun asupan fosfor sebagian mahasiswi sudah cukup. Gaya hidup sebagian besar mahasiswi Unila antara lain aktivitas fisik yang dilakukan masih rendah, mendapatkan paparan sinar matahari yang cukup, serta tidak memiliki kebiasaan minum kopi dan *soft drink*.
2. Status gizi, asupan kalsium, asupan fosfor, dan aktivitas fisik berhubungan signifikan dengan DMT mahasiswi Unila.
3. Status gizi dan asupan kalsium merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi DMT mahasiswi Unila.

6.2 Saran

a. Bagi Institusi (Universitas Lampung)

1. Perlu dilakukan deteksi dini kepadatan tulang pada mahasiswi agar pencegahan osteopenia dan osteoporosis dapat dimulai sejak usia muda yang dianggap sebagai waktu yang paling memadai untuk berinvestasi dalam kesehatan tulang dengan mengoptimalkan kepadatan tulang menjelang massa tulang puncak.
2. Perlu dilakukan edukasi berkala kepada mahasiswi mengenai asupan makanan yang mengandung gizi seimbang dan pentingnya pemenuhan

kecukupan setiap zat gizi terutama yang berkaitan dengan kesehatan tulang.

3. Perlu adanya kebijakan penyediaan makanan bergizi seimbang untuk pengelola kantin dalam upaya memenuhi kebutuhan gizi mahasiswi

b. Bagi Masyarakat (Mahasiswi Universitas Lampung)

1. Memberikan edukasi mengenai gambaran kepadatan tulang mahasiswi Unila dan faktor risiko yang memengaruhi kepadatan tulang.
2. Memberikan edukasi kepada mahasiswi mengenai asupan makanan yang mengandung gizi seimbang dan pentingnya pemenuhan kecukupan setiap zat gizi terutama yang berkaitan dengan kesehatan tulang dalam mencegah osteoporosis.
3. Memberikan edukasi kepada mahasiswi terkait makanan sumber utama kalsium (seperti susu, produk susu, ikan) untuk meningkatkan kepadatan tulang.
4. Memberikan edukasi kepada mahasiswi mengenai gaya hidup sehat untuk meningkatkan aktivitas fisik, mendapatkan paparan sinar matahari yang cukup, serta menghindari konsumsi kafein.
5. Memberikan edukasi ke mahasiswi yang memiliki risiko penurunan kepadatan tulang yang merupakan faktor risiko osteoporosis di masa mendatang agar melakukan upaya preventif berupa meningkatkan asupan gizi terutama kalsium dari diet sehari-hari serta mengubah gaya hidup dengan meningkatkan aktivitas fisik, mendapatkan paparan sinar matahari yang cukup, serta menghindari konsumsi kopi dan *soft drink*.

c. Bagi Peneliti

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat gambaran kepadatan tulang pada masyarakat yang lebih luas.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang menilai asupan gizi tidak hanya dengan survei konsumsi namun juga disertai pemeriksaan penunjang yang obyektif.

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap faktor lain yang memengaruhi kepadatan tulang.
4. Melakukan kegiatan pengabdian masyarakat sebagai tindak lanjut hasil penelitian dengan melakukan edukasi tentang pentingnya mencegah osteoporosis dari faktor gizi dan gaya hidup sehat.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adıgüzel, K. T. (2022). Caffeine intake and bone mineral density in postmenopausal women. *Gulhane Med J*, 25(6), 262–267. <https://doi.org/10.4274/gulhane.galenos.2022.93585>
- Aini, N., Pratiwi, A. R., Dewi, A. P., & Wati, D. A. (2022). Hubungan Asupan Kalsium dan Indeks Massa Tubuh dengan Kepadatan Tulang pada Wanita Usia Subur Correlation of Calcium Intake and Body Mass Index with Bone Density in Women of Childbearing Age. *Jurnal Kesehatan*, Vol. 13(No. 2), 247–252.
- Al-khamash, A., Ajeen, R., & Tayyem, R. F. (2022). Assessment of Nutrients Associated With the Risk of Osteoporosis in Postmenopausal Women : A Case-Control Study. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 10(1), 113–128.
- Almatsier, S. (2002). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Alsayyad, A. S., Alajmi, A., Naseeb, T., Taha, H., & Zabar, Z. (2021). Bahrain Medical Society Prevalence and Risk Factors of Osteoporosis in Bahrain : A Cross-sectional Study among Young Female Attending Primary Care Centers. *J Bahrain Med Soc*, 33(2), 22–28.
- Alshanbari, M. F., 1, Alsofyani, E. M., 2, Almalki, Dh. M., 3, & Alswat, khaled abdullah. (2018). Caffeine Effect on Bone Mineral Density : A Cross-sectional Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 12(2), 10–13. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2018/31216.11174>
- Berawi, K. N., & Dzulfiqar. (2017). Konsumsi Soft Drink dan Efeknya terhadap Peningkatan Risiko Terjadinya Osteoporosis. *Majority*, 6, 21–25.
- BKKBN. (2013). *Profil Kependudukan dan Pembangunan Di Indonesia Tahun 2013*. Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional.
- Cahyaningsih. (2017). Gambaran Densitas Mineral Tulang (DMT) pada Kelompok Dewasa Awal (19-25 Tahun) (Studi di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5.
- Chang, H., Hsieh, C., Lin, Y., Tantoh, D. M., Ko, P., Kung, Y., Wang, M., Hsu, S., Liaw, Y., & Liaw, Y. (2018). Does coffee drinking have beneficial effects on bone health of Taiwanese adults ? A longitudinal study. *BMC Public Health*, 18, 1–10.

- Chen, L., Liu, R., Zhao, Y., & Shi, Z. (2020). High Consumption of Soft Drinks Is Associated with an Increased Risk of Fracture: A 7-Year Follow-Up Study. *Nutrients*, *12*(2), 530.
- Chuanga, T., Choua, S., & Wang, Y. (2020). Significant association factors of bone mineral density in Taiwan adults. *Tzu Chi Medical Journal* 2020;, *32*(4), 367–372. <https://doi.org/10.4103/tcmj.tcmj>
- Cristina, D., & Longo, G. Z. (2020). Factors associated with bone mineral density in adults : a cross-sectional population-based study. *Rev Esc Enferm USP*, *54*, 1–10.
- Crockett, J. C., Michael, J., Coxon, F. P., Lynne, J., Helfrich, M. H., Crockett, J. C., Rogers, M. J., Coxon, F. P., Hocking, L. J., & Helfrich, M. H. (2011). Bone remodelling at a glance Bone Remodelling at a Glance. *Journal of Cell Science*, *124*, 991–998. <https://doi.org/10.1242/jcs.063032>
- Damayanthi, E., Pengajar, S., & Gizi, D. (2008). Hubungan konsumsi susu dan kalsium dengan densitas tulang dan tinggi badan remaja. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, *3*(1), 43–48.
- Depkes RI. (1994). *Pedoman Praktis Memantau Status Gizi Orang Dewasa*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Depkes RI. (1996). *Pedoman Praktis Pemantauan Gizi*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Desrida, Afriwardi, & Kadri, H. (2017). Hubungan Tingkat Aktivitas Fisik , Jumlah Asupan Vitamin D dan Kalsium Terhadap Tingkat Densitas Tulang Remaja Putri di SMA Negeri Kecamatan Tilatang Kamang Kabupaten Agam. *Jurnal Kesehatan Andalas*, *6*(3), 572–580.
- Dolan, E., & Sale, C. (2019). Conference on ‘ Nutrient – nutrient interaction ’ Symposium 2 : Nutrient interactions and their role in protection from chronic diseases Protein and bone health across the lifespan Proceedings of the Nutrition Society. *Proceedings of the Nutrition Society*, *78*, 45–55. <https://doi.org/10.1017/S0029665118001180>
- Firmansyah, D. C., Nadillah, F., Refo, F., Pratama, A., & Putu, N. L. (2020). Analisis Komparasi dan Determinan Sosial Demografi Terhadap Penggunaan Kontrasepsi Wanita Usia Subur (WUS) di Provinsi Nusa Tenggara Timur dan Jawa Timur. *Jurnal Statistika Dan Aplikasinya (JSA)*, *4*(1), 35–47.
- Gibson, R. (2005). *Principles of Nutritional Assessment*. Oxford University Press.
- Gold, D. T., Williams, S. A., Weiss, R. J., Wang, Y., Watkins, C., & Carroll, J. (2019). Impact of fractures on quality of life in patients with osteoporosis : a US cross-sectional survey. *Journal of Drug Assessment*, *8*(1), 175–183. <https://doi.org/10.1080/21556660.2019.1677674>

- Groenendijk, I., Delft, M. Van, Versloot, P., Loon, L. J. C. Van, Lisette, C. P. G., & Groot, M. De. (2022). Impact of magnesium on bone health in older adults : A systematic review and meta-analysis. *Bone*, 154(August 2021), 116233. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2021.116233>
- Groenendijk, I., Grootswagers, P., Santoro, A., Franceschi, C., & Bazzocchi, A. (2022). Protein intake and bone mineral density : Cross-sectional relationship and longitudinal effects in older adult. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*.
- Hammad, L. F., & Benajiba, N. (2017). Lifestyle factors influencing bone health in young adult women in Saudi Arabia . *African Health Sciences*, 17(2).
- Harinarayan, C. V. (2019). How to treat Vitamin D deficiency in sun-drenched India - guidelines. *Journal of Clinical and Scientific Research* |, 7(3), 131–140. <https://doi.org/10.4103/JCSR.JCSR>
- Hastono, S. P. (2007). *Modul Analisis Data*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Heidari, B., Muhammadi, A., Javadian, Y., Bijani, A., & Hosseini, R. (2017). Associated Factors of Bone Mineral Density and Osteoporosis in Elderly Males. *Int J Endocrinol Metab*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.5812/ijem.39662.Research>
- Hurria, N., Dhonde, S., Jagtap, P. E., Belwalkar, G. J., & Nagane, N. S. (2021). Effect of soft drinks on bone. *International Journal of Clinical Biochemistry and Research*, 8(2), 104–108.
- Idrees, Z., Zakir, U., Khushdil, A., & Shehzadi, H. (2018). Osteoporosis : Knowledge and practices among females of reproductive age group. *Rawal Medical Journal*, 43(1).
- IOF. (2013). The Asia-Pacific Regional Audits (Epidemiology, costs & burden of osteoporosis in 2013). *International Osteoporosis Foundation*.
- IOF. (2023). *Osteoporosis-Epidemiology*. <https://www.osteoporosis.foundation/health-professionals/about-osteoporosis/epidemiology>
- IPAQ Research Committee. (2005). *Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) Short and Long Forms*. International Physical Activity Questionnaire.
- Irmawartini; Nurhaedah. (2017). *Metodologi Penelitian*. PPSDMK Kemenkes RI.
- Kemenkes. (2018). *Agar Mencapai Kepadatan Tulang yang Optimal*. p2ptmkemenkesRI.
- Kemenkes. (2019). *Permenkes RI No 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kemenkes. (2020). *Infodatin-Situasi Osteoporosis di Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

- Kim, D. E., Cho, S. H., Park, H. M., & Chang, Y. K. (2016). Relationship between bone mineral density and dietary intake of β -carotene, vitamin C, zinc and vegetables in postmenopausal Korean women: a cross-sectional study. *Journal of International Medical Research*, *44* (5), 1103–1114. <https://doi.org/10.1177/0300060516662402>
- Kopiczko, A. (2020). Public health Bone mineral density in old age: the influence of age at menarche, menopause status and habitual past and present physical activity. *Arch Med Sci*, *16* (3), 657–665.
- Kopiczko, A., Monika, Ł., & Gryko, K. (2020). Bone mineral density in young adults: the influence of vitamin D status, biochemical indicators, physical activity and body composition. *Arch Osteoporosis*, *15*(45).
- Kranioti, E. F., Bonicelli, A., & García-donas, J. G. (2019). Bone-mineral density: clinical significance, methods of quantification and forensic applications. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, *9*.
- Kremer, P., Laughlin, G., & Hadyab, A. (2019). Association between soft drink consumption and osteoporotic fractures among postmenopausal women: the Women's Health Initiative. *The Journal of The North American Menopause Society*, *26*(11), 1234–1241.
- Laras, Widyanti, E., Kusumastuty, I., & Arfiani, E. P. (2017). Hubungan Komposisi Tubuh dengan Kepadatan Tulang Wanita Usia Subur di Kota Bandung. *Indonesian Journal of Human Nutrition*, *4*(No. 1), 22–32.
- Lee, A. W., & Cho, S. S. (2015). Association between phosphorus intake and bone health in the NHANES population. *Nutrition Journal*, *14*, 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0017-0>
- Lee, H. J., Kim, C. O., & Lee, D. C. (2021). Association between Daily Sunlight Exposure and Fractures in Older Korean Adults with Osteoporosis: A Nationwide Population-Based Cross-Sectional Study. *Yonsei Medical Journal*, *62*(7), 593–599.
- Lee, J. H., Ha, A. W., Kim, W. K., & Kim, S. H. (2021). The Combined Effects of Milk Intake and Physical Activity on Bone Mineral Density in Korean Adolescents. *Nutrients*, *13*, 1–13.
- Lesmana, H. S., Kepelatihan, J., Keolahragaan, F. I., & Padang, U. N. (2018). *Bahan ajar fisiologi olahraga sport physiology*. Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Padang.
- Li, Y. (2022). Association between obesity and bone mineral density in middle-aged adults. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *17*. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03161-x>
- Limbong, E. A., & Syahrul, F. (2014). Rasio Risiko Osteoporosis Menurut Indeks Massa Tubuh. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, *30*(No 2), 194–204.

- Mazocco, L., & Chagas, P. (2017). Association between body mass index and osteoporosis in women from northwestern Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 57(4), 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.rbre.2016.10.002>
- Méndez-Gallegos, E., Caire-Juvera, G., Astiazarán-García, H., & Méndez-Estrada, R. O. (2018). Comparison of Measurements of Bone Mineral Density in Young and Middle-Aged Adult Women in Relation to Dietary, Anthropometric and Reproductive Variables. *Nutrients*, 10. <https://doi.org/10.3390/nu10111669>
- NOFSA. (2021). *Why Achieving Peak Bone Mass is Important*. <https://osteoporosis.org.za/why-achieving-peak-bones-mass-is-important/>
- Noprisanti, Masrul, & Defrin. (2018). Hubungan Asupan Protein , Kalsium , Fosfor , Dan Magnesium Dengan Kepadatan Tulang Pada Remaja Putri Di SMP Negeri 5 Padang. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 7(Supplement 3), 29–36.
- Nuraini, A., & Murbawani, E. A. (2020). Hubungan Antara Ketebalan Lemak Abdominal dan Kadar Serum High Sensitivity C-Reactive Protein (HS-CRP) Pada Remaja. *Journal of Nutrition College*, 8.
- Pan, K., Zhang, C., Pan, K., Zhang, C., Yao, X., & Zhu, Z. (2020). Association between dietary calcium intake and BMD in children and adolescents. *Endocrine Connections*, 9, 194–200.
- Partridge, N. C., & Remodeling, B. (2022). REVIEWS Physiological Bone Remodeling: Systemic Regulation and Growth Factor Involvement. *Physiology*, 31(52), 233–245. <https://doi.org/10.1152/physiol.00061.2014>
- Prowting, J. L., Skelly, L. E., Kurgan, N., Frascchetti, E. C., Klentrou, P., & Josse, A. R. (2022). Acute Effects of Milk vs . Carbohydrate on Bone Turnover Biomarkers Following Loading Exercise in Young Adult Females. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.840973>
- Purwanti, L. E., Prastyo, E., & Nurhidayat, S. (2015). Faktor Risiko Osteopeniapada Remaja. *Jurnal Ners Dan Kebidanan*, 2, 38–42. <https://doi.org/10.26699/jnk.v2i1.ART.p038-042>
- Ramayulis, R., Pramantara, I. D., & Pangastuti, R. (2011). Asupan vitamin , mineral , rasio asupan kalsium dan fosfor dan hubungannya dengan kepadatan mineral tulang kalkaneus wanita. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 7, 115–122.
- Rondanelli, M., Faliva, M. A., Barrile, G. C., Cavioni, A., Mansueto, F., Mazzola, G., Oberto, L., Patelli, Z., Pirola, M., Tartara, A., Riva, A., Petrangolini, G., & Peroni, G. (2022). Prevent Bone Mineral Density Loss : A Food Pyramid. *Nutrients*, 14(74).
- Salmiati, & Ratih, R. H. (2019). Deteksi Dini Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Status Kepadatan Mineral Tulang Pada Wanita Usia Subur di Kota Pekanbaru. *Menara Ilmu*, XIII(1), 128–133.

- Sari, D. K. (2016). *Nutrien Vitamin D dan Mineral Kalsium*. USU Press.
- Setyawati, B., Julianti, E. D., & Adha, D. (2013). Faktor yang berhubungan dengan densitas mineral tulang. *Penelitian Gizi Dan Makanan*, 5(2), 149–156.
- Silveira, E. A., Almeida, L. De, Clara, M., Castro, R., Kac, G., Rayanne, P., Oliveira, C. De, & Noll, M. (2022). Prevalence of vitamin D and calcium deficiencies and their health impacts on women of childbearing age: a protocol analysis for systematic review and metaanalysis. *BMJ*, 12, 1–6. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-049731>
- Sirajuddin. (2018). *Survey Konsumsi Pangan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Soomro, R. R., Ahmed, S. I., & Khan, M. (2017). Frequency of osteopenia and associated risk factors among young female students. *J Pak Med Assoc*, 67, No.3, 365–368.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta.
- Supariasa, I. D. N., Bakri, B., & Fajar, I. (2020). *Penilaian Status Gizi*. EGC.
- Suyoto, P. S., Huriyati, E., Rinasusilowati, R., & Julia, M. (2016). Relative Validity of Administered Indonesian Version of the Short- Form International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-SF) among Obese Adolescent Girl Population. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15 (9) (September). <https://doi.org/10.3923/ pjn.2016.816.820>
- Thamaria, N. (2017). *Penilaian Status Gizi*. PPSDMK Kemenkes RI.
- Troy, K. L., Mancuso, M. E., Butler, T. A., & Johnson, J. E. (2018). Exercise Early and Often : Effects of Physical Activity and Exercise on Women ' s Bone Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15. <https://doi.org/10.3390/ ijerph15050878>
- Unila. (2023a). *Fakultas di Universitas Lampung*. <https://www.unila.ac.id/fakultas/>
- Unila. (2023b). *Profil Universitas Lampung*. <https://www.unila.ac.id/>
- Unila. (2023c). *Sarana Akademik Universitas Lampung*. <https://www.unila.ac.id/sarana-akademik/>
- Unila. (2023d). *Visi Misi Universitas Lampung*. <https://www.unila.ac.id/visi-dan-misi/>
- Verma, C., Lehane, J., & Neale, R. E. (2022). Review of sun exposure guidance documents in Australia and New Zealand. *Public Health Research and Practice*, 32 (March), 1–11.
- Vorland, C. J., Stremke, E. R., Moorthi, R. N., & Hill Gallant, K. . (2017). Effects of Excessive Dietary Phosphorus Intake on Bone Health. *Curr. Osteoporos*.

Rep, 15, 473–482.

- Wahyuningsih, T., Rahmawati, S. I., & Salsabila, C. S. (2021). The Relationship Between Calcium And Vitamin D Consumption Levels With Bone Density In Undergraduate Nutrition Students ITS PKU Muhammadiyah Surakarta Hubungan Tingkat Konsumsi Kalsium Dan Vitamin D Dengan Kepadatan Tulang Pada Mahasiswa S1 Gizi ITS PKU M. *Prosiding 14th Urecol: Seri Kesehatan*, 165–173.
- Wangko, S., & Kalangi, S. J. R. (2012). Peran estrogen pada remodeling tulang. *Jurnal Biomedik*, 4(No. 3), 18–28.
- WHO. (2004). WHO Scientific Group on The Assessment of Osteoporosis at Primary Health. *World Health Organization*, 5–7.
- Widyanti, L. R. E., Kusumastuty, I., & Arfiani, E. P. (2017). Hubungan Komposisi Tubuh dengan Kepadatan Tulang Wanita Usia Subur di Kota Bandung. *Indonesian Journal of Human Nutrition*, 4(1), 23–33.
- Xiao, Z., Tan, Z., Shang, J., Cheng, Y., Tang, Y., Guo, B., Gong, J., & Xu, H. (2020). Sex- specific and age- specific characteristics of body composition and its effect on bone mineral density in adults in southern China: a cross-sectional study. *BMJ Open*, 10, 1–11. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-032268>