

**FAKTOR - FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN TINGKAT
KEPADATAN MINERAL TULANG PADA MAHASISWA
KEDOKTERAN DI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS
LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh:

Azmi Adha Nurhaniefah



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**FAKTOR - FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN TINGKAT
KEPADATAN MINERAL TULANG PADA MAHASISWA
KEDOKTERAN DI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS
LAMPUNG**

Oleh

AZMI ADHA NURHANIEFAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA KEDOKTERAN**

Pada

**Fakultas Kedokteran
Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **FAKTOR – FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN TINGKAT KEPADATAN MINERAL TULANG PADA MAHASISWA KEDOKTERAN DI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Azmi Adha Nurhaniefah**

No. Pokok Mahasiswa : 2018011052

Program Studi : Pendidikan Dokter

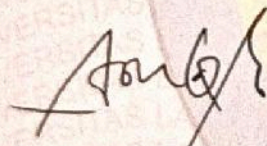
Fakultas : Kedokteran

MENYETUJUI

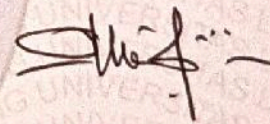
Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2



**Dr. dr. TA Larasati, M. Kes., Sp.
KKLP., FISPH, FISC.M.
NIP. 197610162005011003**



**dr. Oktadoni Saputra, M. Med. Ed.,
M. Sc., Sp.A.
NIP. 198210212008121001**

MENGETAHUI

Dekan Fakultas Kedokteran

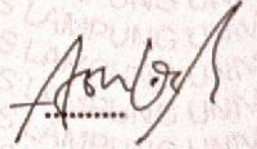


**Dr. dr. Evi Kurniawaty, S. Ked., M. Sc.
NIP. 197601202003122001**

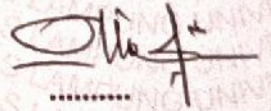
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

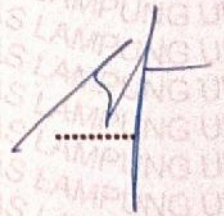
**Ketua : Dr. dr. TA Larasati, M. Kes., Sp. KKLK.,
FISPH., FISCM.**



**Sekretaris : dr. Oktadoni Saputra, M. Med. Ed., M. Sc.,
Sp. A.**



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. dr. Fitria Saftarina, M. Sc., Sp. KKLK.,
FISPH., FISCM.**



2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kuniawaty, S.Ked., M.Sc.

NIP. 197601202003122001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 09 Agustus 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi dengan judul **“FAKTOR - FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN TINGKAT KEPADATAN MINERAL TULANG PADA MAHASISWA KEDOKTERAN DI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG”** adalah hasil karya Saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam akademik atau yang dimaksud dengan plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, Saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada Saya.

Bandar Lampung, 9 Agustus 2024

Pembuat pernyataan,



Azmi Adha Nurhaniefah

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada 05 Maret 2001 di Leuwiliang, Kabupaten Bogor, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Ade Hambali dan Ibu Erna Fajarwati. Penulis menyelesaikan pendidikan jenjang Taman Kanak-Kanak di TK Aisyiyah Bustanul Athfal pada tahun 2007, jenjang Sekolah Dasar se-derajat di MIS Muhammadiyah Leuwiliang pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama se-derajat di MTS Mu'allimien Muhammadiyah Leuwiliang pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas se-derajat di MAS Mu'allimien Muhammadiyah Leuwiliang pada tahun 2019.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif pada sejumlah kegiatan akademik maupun non akademik. Penulis pernah menjadi anggota divisi ilmiah Lampung University Research's (LUNAR) (2021 – 2022) dan aktif dalam organisasi Forum Studi Islam (FSI) FK Unila sebagai sekretaris departemen akademik (2021 – 2022). Penulis juga pernah menjadi Asisten Dosen (Asdos) Fisiologi pada tahun 2021 – 2023. Selain itu, penulis pernah berpartisipasi dalam kompetisi *Indonesian International Medical Olympiad (IMO)* bidang *Infectious Disease* pada tahun 2022 dan juara 2 dalam kompetisi *Regional Medical Olympiad* bidang *Infectious Disease* pada tahun 2023.

حَسْبُنَا اللَّهُ وَنِعْمَ الْوَكِيلُ

“Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik Pelindung”

Ali-Imran ayat 173

SANWACANA

Puji serta syukur atas kehadiran Allah SWT., yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, berkah, kasih sayang, serta anugerah-Nya yang tak terkira sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi penulis dengan judul **“FAKTOR - FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN TINGKAT KEPADATAN MINERAL TULANG PADA MAHASISWA KEDOKTERAN DI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG”** ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, saran, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan penghargaan serta rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT., yang telah memberikan limpahan rahmat, bimbingan, serta berkah-Nya sehingga penulis dapat menjalani perkuliahan dengan baik dan menyelesaikan skripsi ini;
2. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM. selaku Rektor Universitas Lampung;
3. Dr. dr. Evi Kurniawaty, M. Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. Dr. dr. TA Larasati, M. Kes., Sp. DLP., Sp. KKLK., FISPH, FISC.M., selaku Pembimbing I yang selalu meluangkan waktu, memberikan bimbingan, ilmu, arahan, kritik, saran, do'a, dukungan, dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini;

5. dr. Oktadoni Saputra, M. Med.Ed., M. Sc., Sp. A., selaku Pembimbing II yang selalu meluangkan waktu, memberikan bimbingan, ilmu, kritik, saran, do'a, dukungan, dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini;
6. Dr. dr. Fitria Saftarina, M. Sc., Sp. KKLK., FISPH, FISCM., selaku Pembahas yang selalu meluangkan waktu, memberikan arahan, ilmu, kritik, saran, do'a, dukungan, dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini;
7. dr. Rika Lisiswanti, S. Ked., M. Med.Ed., selaku Pembimbing Akademik saya, terima kasih atas bimbingan, ilmu, dan motivasi yang telah diberikan selama ini;
8. Orang tua penulis, Apa Ade Hambali dan Ibu Erna Fajarwati, terima kasih atas setiap doa yang selalu dipanjatkan dan membersamai keberhasilan penulis, terima kasih untuk setiap cinta, kasih sayang, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan;
9. Tete tersayang, Alifa Husnun Kholieqoh, terima kasih atas doa, dukungan, arahan, kasih sayang, bantuan, dan inspirasi yang selalu diberikan kepada penulis;
10. Kembaran tersayang, Annida Adha Nurhaniefah, terima kasih atas doa, dukungan, arahan, kasih sayang, bantuan, dan inspirasi yang selalu diberikan kepada penulis;
11. Seluruh dosen, staf, dan karyawan atas ilmu, waktu, dan bantuan yang telah diberikan selama proses perkuliahan sampai penyelesaian skripsi;
12. Seluruh responden penelitian, teman-teman angkatan 2021, 2022, dan 2023 atas kesediaannya untuk berpartisipasi dalam penelitian ini;
13. Seluruh keluarga besar (Alm.) M. Yacoeb AR dan (Alm.) Endjaj Sarbini, terima kasih atas semua doa, dukungan, dan kasih sayang yang selalu diberikan kepada penulis;
14. Keluarga Besar Forum Studi Islam Ibnu Sina FK Unila sebagai tempat beorganisasi, berkarya, berbagi ilmu dan semangat, serta pengembangan diri;
15. Keluarga pertama di FK, DPA 1 Hipotalamus "Unity in Diversity" (Yunda Era, Adin Dhani, Mentari, Rachel, Yashila, Noval, Gatra, Jessy, Alya, dan Faiq, yang selalu memberikan keceriaan, do'a, dan dukungannya;

16. Teman seperbimbingan skripsi, Ammar, Komang Devi, Isabela, dan Okta Besti, yang telah kebersamai dan saling mendukung selama proses penyelesaian skripsi ini;
17. Sobat Si Paling Coping (Mentari, Rachel, Yashila, Noval) yang selalu berbagi cerita, memberikan do'a, dukungan, dan semangat;
18. Sobat Pejuang Skripsi dan Wisuda (Pitha, Suci, Nindi, Rofi, Ansel, Anggi, Maul, Devira, Fahman, Herlingga, Elyssa, Nurul, Yona, Hanifah, Dewi, Aurora), terima kasih atas bantuan, dukungan, dan semangatnya;
19. Teman kost seperjuangan, Melni Armadani yang selalu berbagi ilmu, kisah, do'a, semangat, dan dukungannya;
20. Teman-teman Asdos Fisiologi yang telah memberikan semangat, do'a, dan dukungannya;
21. Teman-teman yang pernah berada dalam satu kepengurusan organisasi dan kepengurusan lain serta teman-teman angkatan 2020 (T20MBOSIT) yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan, dukungan, dan semangat yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi;
22. Kepada diri saya sendiri, Azmi Adha Nurhaniefah, terima kasih sudah selalu berusaha husnudzon, semangat, ikhlas, ikhtiar, dan bersabar dalam meniti setiap langkah pada proses perkuliahan, skripsi, dan kehidupan yang dijalani;
23. Kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyelesaian skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas do'a dan dukungannya.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga karya tulisan sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 9 Agustus 2024
Penulis

Azmi Adha Nurhaniefah

ABSTRAK

FAKTOR - FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN TINGKAT KEPADATAN MINERAL TULANG PADA MAHASISWA KEDOKTERAN DI FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG

Oleh

AZMI ADHA NURHANIEFAH

Latar Belakang: Tulang adalah jaringan ikat khusus termineralisasi dan terus-menerus mengalami perubahan melalui proses dinamis untuk mempertahankan bentuk struktural yang stabil. Keseimbangan aktivitas sel-sel tulang berpengaruh terhadap kondisi kepadatan mineral tulang. Kepadatan mineral tulang mengalami peningkatan pada awal kehidupan sampai periode *peak bone mass* mulai dari 19 – 30 tahun. Pilihan gaya hidup masa muda dapat memengaruhi 20% – 40% *peak bone mass* pada masa dewasa.

Metode: Penelitian kuantitatif ini menggunakan pendekatan *cross-sectional* yang dilaksanakan pada bulan Maret – Juli 2024 di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. Sampel penelitian akhir sebanyak 94 orang mahasiswa yang sudah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Data penelitian diolah menggunakan uji korelasi *contingency coefficient* dan *kendall tau*.

Hasil: Hasil penelitian dari 94 orang didapatkan mahasiswa osteopenia sebesar 54,3%, normal 39,4%, dan osteoporosis 6,4%. Koefisien korelasi antara tingkat kepadatan mineral tulang dengan jenis kelamin ($p= 0,258$), konsumsi alkohol ($p= 0,083$), kebiasaan merokok ($p= 0,190$), IMT ($p= 0,149$), dan aktivitas fisik ($p= 0,678$).

Simpulan: Terdapat hubungan yang bermakna antara jenis kelamin, aktivitas fisik, terhadap tingkat kepadatan mineral tulang.

Kata Kunci: Kepadatan mineral tulang, *Peak bone mass*, Gaya hidup

ABSTRACT

FACTORS RELATED TO THE LEVEL OF BONE MINERAL DENSITY IN MEDICAL STUDENTS AT THE FACULTY OF MEDICINE, UNIVERSITY OF LAMPUNG

By

AZMI ADHA NURHANIEFAH

Background: Bone is a special mineralized connective tissue that continuously changes through dynamic processes to maintain a stable structural form. The balance of bone cell activity affects the condition of bone mineral density. Bone mineral density increases in early life until the peak bone mass period starting from 19 – 30 years. Lifestyle choices during youth can affect 20% - 40% of peak bone mass in adulthood.

Methods: This quantitative study used a cross-sectional approach which was conducted in March – July 2024 at the Faculty of Medicine, University of Lampung. The research final sample was 94 students who met the inclusion and exclusion criteria. The research data were processed using the contingency coefficient correlation test and Kendall Tau.

Results: The study results from 94 people obtained osteopenia students of 54.3%, normal 39.4%, and osteoporosis 6.4%. The correlation coefficient between bone mineral density level with gender ($p= 0.258$), alcohol consumption ($p= 0.083$), smoking habits ($p= 0.190$), BMI ($p= 0.149$), and physical activity ($p= 0.678$).

Conclusion: There is a significant relationship between gender, and physical activity on bone mineral density level.

Keywords: Bone mineral density, Peak bone mass, Lifestyle

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.3.1 Tujuan umum.....	6
1.3.2 Tujuan khusus.....	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti	8
1.4.2 Manfaat Bagi Peneliti Lain.....	8
1.4.3 Manfaat Bagi Masyarakat.....	8
1.4.4 Manfaat Bagi Institusi	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Tulang.....	10
2.1.1 Definisi dan Fungsi	10
2.1.2 Pertumbuhan dan Perkembangan Tulang.....	10
2.2 Kepadatan Mineral Tulang	14
2.1.1 Definisi	14
2.1.2 Klasifikasi.....	14
2.1.3 Faktor – Faktor yang Berhubungan dengan Kepadatan Tulang ...	16
2.1.4 Pengukuran Kepadatan Tulang.....	26
2.1.5 Pengukuran Status Gizi Berdasarkan Indeks Massa Tubuh.....	29
2.3 Kerangka Teori	30
2.4 Kerangka Konsep	31
2.5 Hipotesis	31
BAB III METODE PENELITIAN	33

3.1	Rancangan Penelitian	33
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.3	Populasi dan Sampel Penelitian.....	33
	3.3.1 Populasi Penelitian	33
	3.3.2 Sampel Penelitian	33
	3.3.3 Besar Sampel Penelitian	34
3.4	Kriteria Penelitian.....	35
	3.4.1 Kriteria Inklusi	35
	3.4.2 Kriteria Eksklusi.....	35
3.5	Identifikasi Variabel	35
3.6	Definisi Operasional Variabel	36
3.7	Metode Pengumpulan Data	38
3.8	Instrumen Penelitian	38
3.9	Alur Penelitian.....	41
3.10	Pengolahan Data	42
3.11	Analisis Data	42
	3.11.1 Analisis Univariat	42
	3.11.2 Analisis Bivariat	43
3.12	Etika Penelitian.....	43
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1	Hasil Penelitian	44
	4.1.1 Analisis Univariat	45
	4.1.2 Analisis Bivariat	49
4.2	Pembahasan.....	56
	4.2.1 Analisis Univariat	56
	4.2.2 Analisis Bivariat	58
	4.2.3 Keterbatasan Penelitian	68
BAB V	KESIMPULAN	69
5.1	Simpulan	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71	
LAMPIRAN.....	80	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Interpretasi nilai kepadatan tulang berdasarkan T-Score.....	16
Tabel 3.1 Definisi Operasional.....	37
Tabel 4.1 Gambaran Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin.....	48
Tabel 4.2 Gambaran Karakteristik Responden Berdasarkan Konsumsi Alkohol.....	49
Tabel 4.3 Gambaran Karakteristik Responden Berdasarkan Kebiasaan Merokok.....	50
Tabel 4.4 Gambaran Karakteristik Responden Berdasarkan Indeks Massa Tubuh.....	50
Tabel 4.5 Gambaran Karakteristik Responden Berdasarkan Aktivitas Fisik.....	51
Tabel 4.6 Gambaran Karakteristik Responden Berdasarkan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang.....	53
Tabel 4.7 Hubungan Jenis Kelamin Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang Pada Responden.....	54
Tabel 4.8 Hubungan Konsumsi Alkohol Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang Pada Responden.....	58
Tabel 4.9 Hubungan Kebiasaan Merokok Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang Pada Responden.....	59
Tabel 4.10 Hubungan Indeks Massa Tubuh Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang Pada Responden.....	61
Tabel 4.11 Hubungan Aktivitas Fisik Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang Pada Responden.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Proses <i>Osteoclastogenesis</i>	12
Gambar 2.2 Proses Osifikasi.....	13
Gambar 2.3 Grafik <i>Peak Bone Mass</i> terhadap Usia.....	14
Gambar 2.4 Homeostasis Kalsium dan Konversi Vitamin D.....	20
Gambar 2.5 Faktor-Faktor Risiko Osteoporosis Dalam Pembentukan Tulang dan Fraktur.....	25
Gambar 2.6 Alat <i>Ultrasound Bone Densitometer</i> metode QUS.....	28
Gambar 2.7 Interpretasi Status Gizi Berdasarkan IMT.....	29
Gambar 2.8 Kerangka Teori Faktor - Faktor yang Berhubungan Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang pada Mahasiswa Kedokteran.....	30
Gambar 2.9 Kerangka Konsep Faktor - Faktor yang Berhubungan Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang pada Mahasiswa Kedokteran.....	31
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	44
Gambar 4.1 Histogram Jenis Kelamin Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang.....	55
Gambar 4.2 Histogram Penggunaan Konsumsi Alkohol Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang.....	58
Gambar 4.3 Histogram Penggunaan Kebiasaan Merokok Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang.....	60
Gambar 4.4 Histogram Penggunaan Indeks Massa Tubuh Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang.....	61
Gambar 4.5 Histogram Penggunaan Aktivitas Fisik Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Lembar Penjelasan Sebelum Persetujuan.....	80
Lampiran 2. Lembar <i>Informed Consent</i>	81
Lampiran 3. Lembar Kuesioner Penelitian.....	82
Lampiran 4. Lembar Hasil Pengukuran.....	88
Lampiran 5. Etik Penelitian.....	89
Lampiran 6. Sebaran Tingkat Kepadatan Tulang Pada Responden Berdasarkan Nilai <i>T-Score</i>	90
Lampiran 7. Tabel SPSS Analisis Univariat.....	93
Lampiran 8. Tabel SPSS Analisis Bivariat.....	97
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian.....	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tulang merupakan komponen penting dalam sistem rangka tubuh manusia. Tulang memiliki fungsi sebagai penggerak tubuh, pendukung bentuk tubuh, perlindungan jaringan lunak, penyimpanan kalsium dan sumsum tulang belakang (Rowe *et al.*, 2023). Tulang adalah jaringan ikat khusus yang terdiri dari sel-sel dan matriks ekstraseluler yang termineralisasi dan terus-menerus mengalami perubahan melalui proses dinamis untuk mempertahankan bentuk struktural yang stabil. Aktivitas sel-sel yang terlibat dalam pembentukan mineral tulang akan berpengaruh terhadap kondisi kepadatan tulang. Ketidakseimbangan pada aktivitas sel-sel dalam pembentukan tulang dapat menyebabkan kondisi rendahnya kepadatan mineral tulang, seperti osteopenia dan osteoporosis (Henry and Bordoni, 2023).

Osteoporosis merupakan suatu kondisi tulang menjadi rapuh dan mudah patah akibat menurunnya tingkat kepadatan mineral tulang/densitas mineral tulang (DMT). Kondisi ini membuat risiko terjadinya fraktur semakin tinggi. Prevalensi osteoporosis pada wanita Indonesia mencapai 23% dari kelompok usia 50-80 tahun dan sekitar 53% dari kelompok usia 70-80 tahun (IOF, 2013). Wanita memiliki risiko empat kali lebih tinggi terkena osteoporosis dibandingkan dengan laki-laki (IOF, 2013). Berdasarkan Infodatin Tahun 2020, peningkatan angka osteoporosis dua kali lebih besar pada wanita daripada laki-laki. Osteoporosis dominan terjadi pada kelompok wanita usia tua disebabkan setelah menopause wanita mengalami peningkatan proses penyerapan tulang melebihi pembentukan kembali tulang akibat berkurangnya kadar hormon estrogen dalam tubuh (Xiao *et al.*, 2020).

Densitas mineral tulang (DMT) atau kepadatan mineral tulang diartikan sebagai jumlah kadar mineral tulang yang terkandung dalam jaringan tulang. Pengukuran terhadap nilai DMT penting untuk mengetahui derajat mineralisasi tulang terkait dengan kondisi gangguan kesehatan tulang, seperti osteopenia dan osteoporosis. *National Institute of Arthritis and Musculoskeletal and Skin Diseases* (NIAMS) membuat kategori tingkat kepadatan mineral tulang berdasarkan nilai *T-score* ≥ -1 SD termasuk normal, *T-score* antara -1 SD dan $-2,5$ SD termasuk osteopenia, dan *T-score* $\leq -2,5$ SD termasuk osteoporosis (NIAMS, 2023).

Densitas mineral tulang mengalami peningkatan pada awal kehidupan disebabkan proses pembentukan tulang yang terjadi terutama setelah tercapainya periode puncak pembentukan mineral tulang/*peak bone mass*. *Peak bone mass*/PBM terjadi pada usia dewasa muda yang diperkirakan sejak awal sebelum usia 20 tahun hingga akhir usia 30 tahun (Weaver *et al.*, 2016; Ribbans *et al.*, 2020). Sedangkan, pada kondisi *early-onset* osteoporosis didapatkan 90% *peak bone mass* bisa dicapai sejak awal usia 18 tahun (Mäkitie and Zillikens, 2022). Dalam penelitian Firdawati (2023), tingkat kepadatan mineral tulang pada populasi mahasiswi berusia 18-23 tahun didapatkan hasil bahwa dari 150 mahasiswi terdapat 52,7% tergolong osteopenia, 10% osteoporosis, dan 39,3% normal. Oleh karena itu, kelompok usia remaja dan dewasa muda merupakan periode usia penting dalam penentuan kepadatan tulang seseorang serta kaitannya dengan risiko osteoporosis di masa mendatang.

Osteoporosis didahului dengan kondisi osteopenia. Osteopenia merupakan sebuah istilah klinis mengenai kondisi menurunnya kepadatan mineral tulang dengan nilai dibawah normal, namun belum termasuk kedalam kriteria osteoporosis. Osteopenia menjadi tanda dini sebelum berkembang semakin parah menjadi osteoporosis (Varacallo *et al.*, 2023). Berdasarkan data Kementerian Kesehatan RI, prevalensi osteopenia nasional mencapai angka 41,7% dengan prevalensi osteoporosis 10,3%. Presentase osteopenia sebagian besar berasal dari kelompok umur dewasa dibawah 55 tahun dengan angka mencapai 41,2% penderita (Indah, 2020). Dalam penelitian lain oleh

Cahyaningsih (2017), dilakukan pemeriksaan kepadatan mineral tulang pada mahasiswa dengan rentang usia 19-25 tahun sebanyak 15 orang laki-laki dan 80 orang perempuan didapatkan hasil sekitar 22,1% mahasiswa mengalami osteoporosis dan 21,1% mengalami osteopenia dengan 56,8% lainnya normal.

Penyebab spesifik pada kejadian osteopenia belum diketahui dengan spesifik, tetapi penyebab osteopenia bersifat multifaktor. Faktor-faktor penyebab yang memengaruhi tingkat kepadatan tulang sebagian besar terkait dengan gaya hidup masa muda. Faktor – faktor risiko yang dapat menyebabkan penurunan kepadatan mineral tulang diantaranya adalah jenis kelamin, pertambahan usia, genetik, kebiasaan merokok, aktifitas fisik yang kurang, konsumsi alkohol, indeks massa tubuh abnormal, dan penggunaan obat glukokortikoid (Varacallo *et al.*, 2023; Pouresmaeili *et al.*, 2018).

Indeks massa tubuh (IMT) yang rendah atau kurus (*underweight*) dengan bentuk tubuh yang tergolong kecil merupakan hasil dari gangguan asupan nutrisi. Kondisi ini mempunyai keterkaitan dengan risiko terjadinya osteopenia. Sedangkan, pada kondisi tubuh gemuk terutama pada perempuan dapat menyimpan hormon androgen di jaringan lemak (*adiposa*) yang kemudian diubah menjadi estrogen. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa IMT memiliki asosiasi positif terhadap tingkat kepadatan mineral tulang. Pada penelitian yang dilakukan Song *et al.*, didapatkan hasil bahwa IMT berpengaruh positif terhadap penambahan tulang lumbar ($p= 0,006$) dan tulang calcaneus ($p= 1 \times 10^{-7}$) (Song *et al.*, 2020). Dalam penelitian lain menunjukkan bahwa IMT memiliki asosiasi positif yang signifikan terhadap nilai kepadatan mineral tulang baik pada wanita maupun laki-laki (Cherukuri *et al.*, 2021).

Pada wanita, penurunan kepadatan mineral tulang lebih banyak terjadi setelah periode menopause akibat terjadinya penurunan kadar hormon estrogen yang diikuti dengan kenaikan ekskresi kalsium dari dalam tubuh. Kadar hormon estrogen mencapai optimal terjadi selama masa usia subur. Pada periode usia subur dalam rentang usia 15-49 tahun, wanita memiliki kemampuan untuk

mengalami reproduksi yang optimal. Selama periode usia subur wanita diharapkan dapat menerapkan gaya hidup sehat dalam mengoptimalkan proses mineralisasi kepadatan tulang karena setelah memasuki periode menopause fungsi reproduksi dan hormonal mengalami penurunan (Dolan and Sale, 2019).

Berdasarkan artikel ilmiah Siagian *et al.*, (2018) terkait aspek farmakologi dan penggunaan klinis kortikosteroid sistemik skrining pencegahan efek samping steroid jangka panjang yaitu pada ≥ 3 bulan dianjurkan dilakukan seperti dengan pemeriksaan densitas tulang, suplemen vitamin D, dan kalsium. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Pouresmaeili *et al.*, (2018) dan artikel *International Osteoporosis Foundation* (2019) bahwa penggunaan glukokortikoid selama 3 bulan atau lebih dapat meningkatkan risiko osteoporosis dan terjadinya fraktur bahkan dalam dosis rendah prednisolon 2,5-7,5 mg/hari.

Dalam menerapkan gaya hidup sehat terdapat faktor asupan zat gizi yang sangat penting dalam menjaga kesehatan tulang dan mendukung proses mineralisasi kepadatan tulang. Zat mikronutrien berupa kalsium, fosfor, vitamin D memiliki peran sebagai penjaga kesehatan tulang. Kalsium dan vitamin D merupakan zat gizi penting dalam proses homeostasis regulasi pembentukan tulang. Defisiensi asupan kalsium dan vitamin D dapat berpengaruh terhadap kondisi tulang di masa yang akan datang, terutama setelah tercapainya *peak bone mass* (Rondanelli *et al.*, 2022).

Kadar vitamin D yang rendah dapat mengganggu proses regulasi homeostasis kalsium dan mengganggu proses mineralisasi tulang. Vitamin D hanya setelah diaktivasi oleh bantuan sinar matahari. Paparan sinar matahari yang cukup pada waktu yang dianjurkan dapat mengoptimalkan proses regulasi homeostasis kalsium dan konversi vitamin D dalam pembentukan dan *remodeling* tulang. Penentuan periode waktu tertentu sebagai upaya menghindari dampak negatif dari sinar ultraviolet matahari dijam tertentu, salah satunya sebagai pemicu kanker kulit (P2PTM Kemenkes RI, 2018).

Gaya hidup memiliki hubungan erat terhadap status kesehatan seseorang, salah satunya kesehatan tulang. Pilihan gaya hidup dapat mempengaruhi 20% - 40% *peak bone mass* pada masa dewasa (Weaver *et al.*, 2016). Kebiasaan hidup sehat dengan berolahraga secara rutin tidak banyak dilakukan oleh dewasa muda saat ini. Berdasarkan data dari WHO tahun 2022, prevalensi ketidakaktifan fisik di Indonesia mencapai 85% - 87% pada usia remaja dan 22% - 24% pada usia dewasa. WHO juga melaporkan 76% kematian disebabkan oleh penyakit tidak menular. Beban kesehatan dari pelayanan kesehatan penyakit tidak menular yang terkait ketidakaktifan fisik mencapai 271 juta USD setiap tahunnya (WHO, 2022).

Kebiasaan merokok dapat mengganggu kesehatan tulang disebabkan efek racun yang terkandung dalam rokok dapat menghambat kerja hormon *calcitonin* dan menghambat pembentukan tulang baru. Berdasarkan data BPS tahun 2023, prevalensi perokok pada usia dewasa muda (20-24 tahun) mengalami peningkatan yang awalnya 25% menjadi 26% (BPS, 2024). Data rata-rata jumlah batang rokok yang dihisap setiap minggu oleh perokok di Provinsi Lampung pada tahun 2023 mencapai sebanyak 94,05 batang rokok naik dari rata-rata pada tahun 2022 yaitu sebanyak 87,01 batang rokok (BPS Prov. Lampung, 2024). Hal ini tentunya mengkhawatirkan terutama dapat berdampak buruk bagi kesehatan kedepannya.

Konsumsi alkohol menjadi salah satu faktor dalam gaya hidup terhadap tingkat kepadatan mineral tulang. Berdasarkan sebuah penelitian didapatkan hasil bahwa alkohol memiliki efek buruk terhadap kesehatan tulang dengan mengonsumsi ≥ 4 gelas/hari dapat meningkatkan risiko terjadinya fraktur (Maurel *et al.*, 2012). Berdasarkan penelitian Jang *et al.*, (2022) pada populasi wanita yang tidak meminum alkohol dengan peminum alkohol ringan memiliki tingkat kepadatan mineral tulang lebih baik daripada peminum alkohol berat.

Karakteristik mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung memiliki sebaran usia yang termasuk kedalam golongan dewasa muda mulai dari tingkat pendidikan pertama sampai terakhir pada rentang usia 19 – 23 tahun. Mayoritas aktivitas mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung dilakukan dalam kondisi *indoor* menyebabkan kurangnya paparan sinar matahari yang diterima. Disamping itu, lokasi universitas yang berada di perkotaan dengan gaya hidup masyarakat kota menjadi alasan penelitian ini dilakukan terhadap mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung sebagai subyek penelitiannya.

Berdasarkan data-data di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait faktor – faktor yang berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada usia dewasa muda dimana periode sedang terjadinya *Peak Bone Mass* atau puncak akhir pertumbuhan massa tulang terhadap mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung sebagai tindakan awal untuk mengetahui status kepadatan tulang mahasiswa sehingga dapat mengoptimalkan proses mineralisasi tulang dan menghindari risiko osteoporosis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

Apa saja faktor – faktor yang berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung ?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengetahui faktor-faktor

yang berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung

1.3.2 Tujuan khusus

1. Mengetahui gambaran karakteristik individu berupa jenis kelamin mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
2. Mengetahui gambaran indeks massa tubuh (IMT) pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
3. Mengetahui gambaran aktivitas fisik pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
4. Mengetahui gambaran konsumsi alkohol pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
5. Mengetahui gambaran kebiasaan merokok pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
6. Mengetahui gambaran tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
7. Mengetahui hubungan jenis kelamin dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
8. Mengetahui hubungan indeks massa tubuh (IMT) dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
9. Mengetahui hubungan aktivitas fisik dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung
10. Mengetahui hubungan kebiasaan merokok dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung

11. Mengetahui hubungan konsumsi alkohol dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di fakultas kedokteran universitas lampung

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam rangka memperkaya pengalaman belajar dan pengetahuan peneliti terkait faktor-faktor yang berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang sehingga dapat meningkatkan kewaspadaan secara dini agar terhindar dari gangguan kesehatan tulang.

1.4.2 Manfaat Bagi Peneliti Lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan ataupun informasi untuk peneliti selanjutnya mengenai faktor-faktor yang berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang, terutama pada populasi usia dewasa muda (mahasiswa) serta dapat menjadi referensi untuk penelitian dimasa mendatang yang memiliki topik pembahasan serupa dengan penelitian ini.

1.4.3 Manfaat Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait faktor-faktor yang berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang terutama pada populasi usia dewasa muda (mahasiswa) dan sebagai edukasi serta sumber pustaka mengenai gangguan kesehatan yang dapat ditimbulkan pada tulang.

1.4.4 Manfaat Bagi Institusi

Bagi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, penelitian ini dibuat dengan maksud dapat dijadikan sebagai sumber informasi dan referensi mengenai informasi ilmiah terkait faktor-faktor yang

berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang terutama pada populasi usia dewasa muda (mahasiswa).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tulang

2.1.1 Definisi dan Fungsi

Tulang merupakan sebuah jaringan ikat dan matriks ekstraselular termineralisasi dengan 4 tipe sel, yaitu *osteoblast*, *osteosit*, *osteoclast*, dan *bone lining cell* (Florencio-silva *et al.*, 2015). Tulang secara berkelanjutan mengalami pembaharuan melalui proses dinamis untuk mempertahankan struktur dan bentuknya. Tulang memiliki fungsi penting bagi tubuh dalam membantu pergerakan, mendukung dan melindungi jaringan lunak dalam tubuh beserta cadangan kalsium dan fosfat (Henry and Bordoni, 2023).

Pembaharuan tulang adalah proses yang sangat kompleks dimana tulang yang sudah tua akan mengalami pembaharuan menjadi kondisi baru yang lebih baik (Florencio-silva *et al.*, 2015). Proses pembaharuan tulang secara normal dibutuhkan oleh tubuh terutama pada kondisi adanya fraktur. Proses pembaharuan bekerja melalui siklus dengan tiga fase penting, sebagai berikut (Rowe *et al.*, 2023):

- a) Inisiasi penyerapan tulang oleh osteoklas
- b) Periode transisi menjadi bentuk tulang baru
- c) Pembentukan tulang baru oleh osteoblast

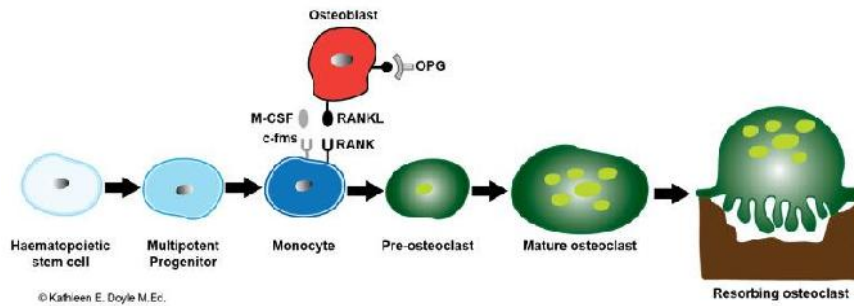
2.1.2 Pertumbuhan dan Perkembangan Tulang

Dalam penelitian Weaver *et al.*, (2016) dan Ribbans *et al.*, (2020), puncak pertumbuhan kepadatan tulang (*Peak bone mass/PBM*) terjadi pada masa dewasa muda yang diperkirakan sejak awal sebelum 20 tahun sekitar usia 19 tahun hingga akhir usia 30 tahun. Sedangkan,

dalam penelitian lain, pada kondisi *early-onset* osteoporosis didapatkan 90% *peak bone mass* bisa dicapai sejak awal usia 18 tahun (Mäkitie and Zillikens, 2022). Pada masa pubertas ini, pertumbuhan skeletal terjadi sangat cepat dengan membentuk 40%-60% dari total massa tulang dewasa (Hereford *et al.*, 2024).

Sejak awal masa anak-anak hingga akhir masa remaja, aktivitas pembentukan tulang didominasi oleh resorpsi tulang dengan akumulasi masa skeletal yang stabil. Kepadatan tulang ini meningkat sekitar 70-95 gram saat lahir menjadi 2.400-3.300 gram pada wanita dan pria muda (Stagi *et al.*, 2013). Hal tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan kalsium, bila tidak terpenuhi maka puncak pertumbuhan kepadatan mineral tulang tidak terjadi optimal. Setelah puncak kepadatan tulang tercapai akan terjadi perlambatan pertumbuhan tulang manusia menuju terhentinya pertumbuhan tulang dengan maksimal terjadi pada usia 30 tahun (Weaver *et al.*, 2016).

Pertumbuhan dan perkembangan tulang terjadi melalui interaksi terkoordinir antara *osteoblast* dan *osteoclast*. *Osteoblast* sebagai sel pembentuk tulang yang berasal dari sel stem mesenkimal pluripotent sementara *osteoclast* menjadi sel resorpsi tulang yang berkaitan dengan sel monosit/makrofag. Proses ini dinamakan *osteoclastogenesis* dimana *bone-resorbing osteoclasts* berasal dari sel hematopoetik monosit-makrofag dibawah kontrol dari *bone-forming osteoblasts* melibatkan *RANKL* sebagai pengaktivasi reseptor *NF- κ B ligand*, *M-CSF* (*macrophage colony-stimulating factor*), dan *OPG* (*osteoprotegerin*) (Gambar 2.1) (Henry and Bordoni, 2023).

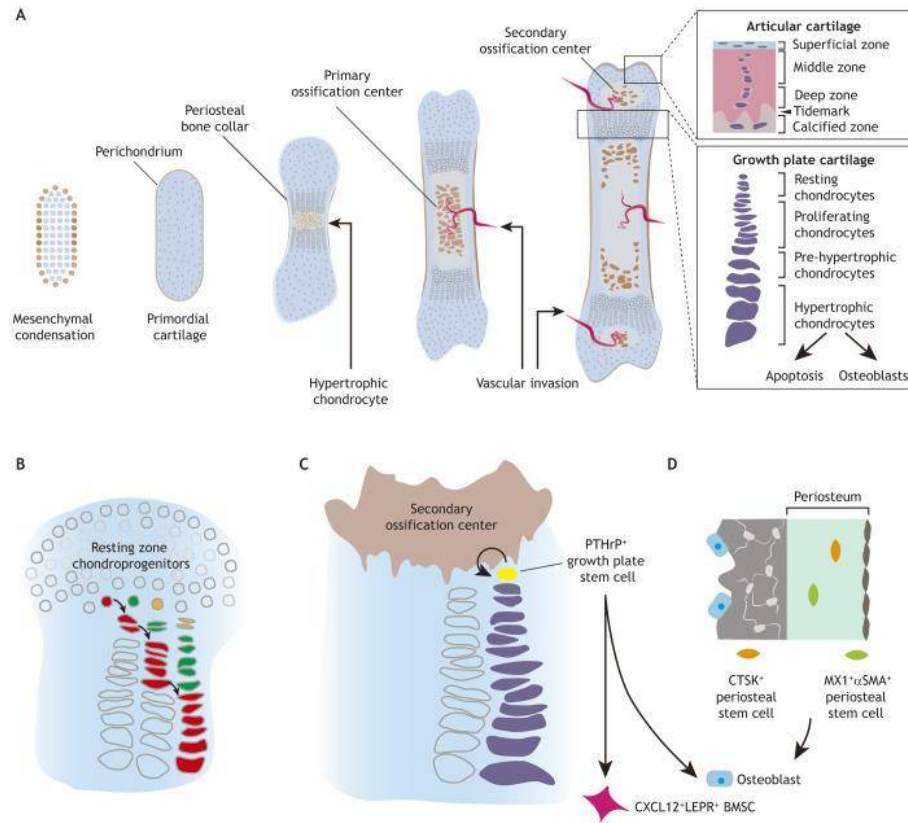


Gambar 2.1 Proses *Osteoclastogenesis* (Henry and Bordoni, 2023).

Proses pembentukan tulang atau *osteogenesis* dimulai sejak pekan ke-6 dan ke-7 perkembangan janin dan berlanjut hingga sekitar awal usia 25 tahun. Selama embriogenesis, pembentukan tulang terjadi atas *intramembrane ossification* dan *endokondral ossification*. *Intramembrane ossification* dimulai dengan kondensasi sejumlah mesenkimal yang secara langsung berdiferensiasi menjadi tulang, membentuk tulang datar pada tubuh termasuk tengkorak, mandibular, maksila dan klavikula. Sementara itu, *endokondral ossification* adalah proses rumit yang ditandai dengan perkembangan tulang melalui perantara kartilago. Selama proses ini, sel ditengah kondensasi mesenkimal berkembang menjadi kondrosit yang mulai mensekresikan matriks kartilago (Gambar 2.2) (Yahara, *et al.*, 2022).

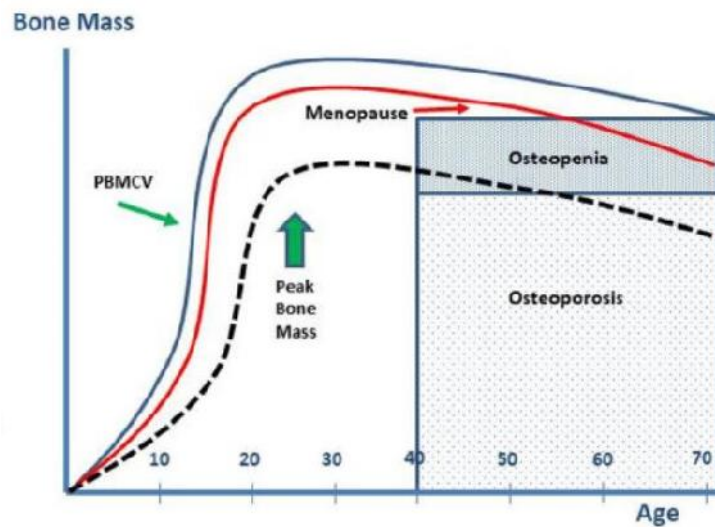
Sel disekitar kondrosit yang baru berdiferensiasi membentuk perikondrium, yaitu batas tepi perkembangan skeleton. Hipertrofi kondrosit penting dalam aktivasi diferensiasi *osteoblast*. Pembuluh darah memulai untuk infiltrasi hipertrofi kartilago yang memicu diferensiasi *osteoblast* dan pembentukan rongga sumsum tulang belakang. Infiltrasi pembuluh darah berfungsi memfasilitasi perekrutan *kondro-resorptive cell*, *osteoprogenitor* (yang mempromosikan *osteoblastogenesis*) dan menyebabkan sel perikondrial mampu memasuki rongga sumsum tulang belakang yang berkembang. Osifikasi pusat primer berlanjut meluas selama perkembangan embionik dan diselesaikan dengan pembentukan osifikasi pusat

sekunder pada tepi akhir pertumbuhan tulang (epifisis) (Gambar 2.2) (Yahara, *et al.*, 2022)



Gambar 2.2 Proses Osifikasi (Yahara, *et al.*, 2022).

Pertumbuhan dan perkembangan tulang akan mencapai puncak proses mineralisasi kepadatan massa tulang atau yang dikenal *peak bone mass* pada usia dewasa muda dengan rentang mulai sejak awal sebelum 20 hingga 30 tahun. Dalam gambar 2.3, terlihat periode *peak bone mass* terjadi mulai di usia sekitar 19 tahun hingga 30 tahun kemudian akan terjadi penurunan proses mineralisasi tulang dan cenderung tidak terjadi penambahan setelah periode masa ini (Gambar 2.3) (Weaver *et al.*, 2016; Ribbans *et al.*, 2020)



Gambar 2.3 Grafik *Peak Bone Mass* terhadap Usia (Ribbans *et al.*, 2020).

2.2 Kepadatan Mineral Tulang

2.1.1 Definisi

Kepadatan tulang atau *bone mineral density* (BMD) adalah ukuran kadar mineral anorganik pada tulang yang menjadi salah satu penilaian informatif terkait kualitas tulang pada studi klinis dan investigasi forensik (Kranioti *et al.*, 2019)

2.1.2 Klasifikasi

Berdasarkan *National Institute of Arthritis and Musculoskeletal and Skin Diseases* (NIAMS), kepadatan tulang pada manusia dibagi ke dalam 3 (tiga) status kategori, yakni normal, osteopenia, dan osteoporosis.

1. Normal

Status normal diberikan pada hasil pengukuran kepadatan tulang dengan nilai *T-Score* positif lebih besar atau sama dengan -1 (NIAMS, 2023).

2. Osteopenia

Osteopenia merupakan kondisi rendahnya kepadatan tulang dan disebut juga sebagai pre-osteoporosis. Seperti namanya, osteopenia dan osteoporosis adalah penyakit terkait. Keduanya adalah berbagai tingkat keropos tulang, yang diukur dengan kepadatan mineral tulang, penanda seberapa kuat tulang dan risiko patahnya tulang (Varacallo *et al.*, 2023). Status normal diberikan pada hasil pengukuran kepadatan tulang dengan nilai *T-Score* negatif antara -1 sampai -2,5 (NIAMS, 2023).

3. Osteoporosis

Osteoporosis merupakan kelainan tulang yang dikarakteristikan dengan rendahnya kepadatan tulang, kelainan arsitektur tulang yang mengakibatkan terganggunya kekuatan tulang serta dapat meningkatkan resiko fraktur. Rendahnya kepadatan mineral tulang menjadi prediktor mayor resiko fraktur. Kepadatan tulang yang rendah dapat terjadi karena kegagalan untuk mencapai puncak kepadatan tulang yang normal, hilangnya tulang atau keduanya. 60%-80% variabilitas puncak kepadatan tulang disebabkan faktor genetik (Porter and Varacallo, 2023). *Bone loss* terjadi ketika resorpsi tulang melampaui pembentukan tulang yang juga menyebabkan tingginya *turnover* tulang ketika jumlah kedalaman daerah resorpsi tulang secara besar melampaui laju dan kemampuan *osteoblast* untuk membentuk tulang baru (Schwinghammer *et al.*, 2020). Status osteoporosis diberikan pada hasil pengukuran kepadatan tulang dengan nilai *T-Score* negatif diatas -2,5 (NIAMS, 2023).

Tabel 2.1 Interpretasi nilai kepadatan tulang berdasarkan *T-Score*

Kategori	T-Score
Normal	≥ -1
Osteopenia	-1 s.d -2,5
Osteoporosis	$\leq -2,5$

2.1.3 Faktor – Faktor yang Berhubungan dengan Kepadatan Tulang

Kepadatan tulang yang rendah dapat disebabkan oleh beberapa faktor, sebagai berikut:

1. Aktivitas fisik

Aktivitas fisik berkaitan dengan kepadatan tulang. Segala bentuk gerakan tubuh yang diproduksi oleh otot rangka dan membutuhkan energi disebut dengan aktivitas fisik. Pengambilan mineral tulang memerlukan gaya dengan intensitas dan dinamik yang bervariasi, sehingga respon tulang bervariasi sesuai dengan jenis latihan fisik yang dilakukan (Bull *et al.*, 2020). Rendahnya aktivitas fisik dapat meningkatkan proses pengurangan massa tulang. Selama proses terjadinya aktivitas fisik, kekuatan dari tubuh yang ditransmisikan melalui kerangka pada tulang akan menginisiasi pelepasan sinyal mekanis yang dikenali oleh sel osteosit selanjutnya akan memicu terjadinya serangkaian respons biokimia yang menyebabkan peningkatan terhadap pergantian tulang (*bone turnover*) (Rondanelli *et al.*, 2022).

Dalam panduan WHO, aktivitas fisik dibedakan berdasarkan bukti efek dan tingkat rekomendasi. Berdasarkan bukti efek yang didapatkan seseorang setelah melakukan aktivitas terdapat kategori *high/tinggi*, *moderate/sedang*, *low/rendah*, dan *very low/sangat rendah*. Berdasarkan tingkat rekomendasi terdapat kategori

strong/kuat dengan manfaat lebih besar daripada konsekuensi buruk yang tidak diinginkan dan *conditional*/sesuai kondisi dampak yang diterima dapat berbeda dengan mempertimbangkan kondisi populasi (Bull *et al.*, 2020). Pengukuran aktivitas fisik berdasarkan WHO menggunakan satuan MET-menit/minggu. MET atau *Metabolic Equivalent Task* adalah konsep fisiologis dalam menunjukkan biaya energi aktivitas fisik, dimana 1 MET merupakan sekitar 3,5 mililiter oksigen yang dikonsumsi per kilogram berat badan per menit atau 1 kkal/kg/jam (WHO, 2021). WHO mengelompokkan aktivitas fisik dengan kategori rendah, sedang, dan berat yang didapatkan dari *Global Physical Activity Questionnaire*.

Kementerian Kesehatan RI merekomendasikan aktivitas fisik dilakukan 3 – 5 kali dalam seminggu dengan durasi 150 menit per minggu. Aktivitas fisik yang dilakukan dengan intensitas sedang secara rutin lebih bermanfaat bagi kesehatan dan mengurangi risiko kelelahan serta cedera. Aktivitas jalan kaki direkomendasikan dalam 10.000 langkah per hari untuk mendapatkan manfaat yang baik bagi kesehatan tubuh dan tulang (P2PTM Kemenkes, 2021).

2. Nutrisi

Asupan nutrisi juga berpengaruh terhadap kepadatan tulang pada remaja, seperti asupan kalsium karena kalsium diperlukan untuk mineralisasi normal tulang dan matriks kartilago. Selain kalsium, vitamin D juga diperlukan untuk efisiensi absorpsi kalsium.

a. Asupan Kalsium

Asupan kalsium diperlukan bagi tubuh dalam pembentukan tulang dan proses mineralisasinya. Mineralisasi tulang berkaitan erat dengan kadar kalsium yang diperoleh dari asupan makanan dan minuman sehari-hari. Kandungan mineral tulang utamanya terdiri atas kalsium dan fosfor sekitar 80% – 90% daripada zat mineral lainnya (Rondanelli *et al.*, 2022).

Kalsium adalah zat mineral yang berperan dalam pembentukan dan pembaharuan tulang. Keseimbangan kalsium di tubuh diregulasi oleh hormon paratiroid (PTH). Kadar kalsium darah dengan nilai normal menunjukkan adanya keseimbangan mineral dalam tulang. Hormon paratiroid bekerja langsung pada ginjal dan tulang melalui reseptor hormon paratiroid (PTHrP). Pada kondisi kadar kalsium rendah (hipokalsemia) akan memicu sekresi PTH yang menyebabkan peningkatan reabsorpsi kalsium pada ginjal, peningkatan resorpsi tulang, dan serum kalsium serta fosfat pada tulang (Gambar 2.4) (Ribbans *et al.*, 2020).

Penurunan kepadatan mineral tulang disebabkan adanya kondisi penurunan penyerapan kalsium dalam tubuh yang biasanya dapat terjadi setelah periode menopause pada wanita serta asupan kalsium harian yang sedikit. Kalsium sebagai asupan penting dalam pembentukan kepadatan tulang dapat diekskresi lewat kulit, urin, dan tinja. Hormon *paratiroid* (PTH) dalam tubuh akan keluar pada kondisi hipokalsemia untuk mengekskresikan fosfat dan menyerap cadangan kalsium dalam tubuh (Gambar 2.4) (Ribbans *et al.*, 2020).

Berdasarkan anjuran kemenkes dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi, didapatkan bahwasannya asupan kecukupan mineral dari kalsium bagi kelompok umur dewasa muda 19 – 29 tahun berkisar 1000 mg/hari baik laki-laki maupun perempuan (Kemenkes RI, 2019).

b. Asupan Vitamin D

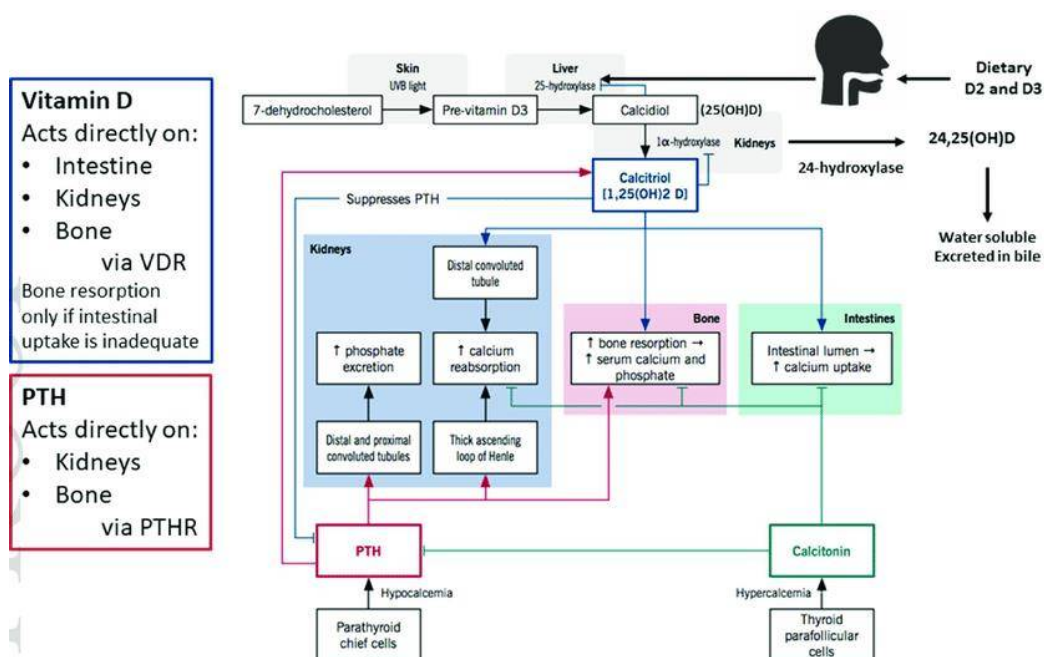
Vitamin D bersama dengan kalsium memiliki peran yang penting dalam regulasi mineralisasi tulang. Rendahnya kadar vitamin D dalam tubuh dapat disebabkan oleh paparan sinar matahari yang tidak mencukupi dalam membantu pembentukan vitamin D pada kulit maupun asupan nutrisi dari makanan dan minuman sehari-hari (Harinarayan, 2019). Vitamin D yang bersumber dari bentuk makanan dan minuman tidaklah banyak dan aktivasinya membutuhkan bantuan sinar matahari. Vitamin D yang dihasilkan dari proses sintesis di kulit memiliki ketahanan 2x lipat daripada yang diperoleh dari makanan, minuman, ataupun suplemen sehari-hari (Rondanelli *et al.*, 2022).

Berdasarkan anjuran kemenkes dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi, didapatkan bahwasannya asupan kecukupan vitamin D bagi kelompok umur dewasa muda 19 – 29 tahun berkisar 15 mcg/hari baik laki-laki maupun perempuan (Kemenkes RI, 2019).

Aktivasi vitamin D terjadi dibantu dengan cahaya matahari. Menurut Kemenkes, paparan sinar matahari terhadap kulit tubuh dapat dikatakan mencukupi apabila diperoleh pada pagi hari dari saat terbit hingga pukul 09.00 dan sore hari pukul 15.00 hingga matahari terbenam, dengan durasi selama 10 sampai 15 menit dan frekuensi 3 kali dalam waktu seminggu (P2PTM Kemenkes, 2018). Penetapan waktu paparan sinar matahari ini bertujuan menghindari bentuk sinar matahari buruk yang membahayakan bagi kulit tubuh. Sinar ultraviolet (UV) sebagai sumber vitamin D terbaik memiliki dampak buruk bagi kulit tubuh pada waktu-waktu tertentu yang dapat menjadi penyebab utama terjadinya kanker kulit (Verma *et al.*, 2022). Vitamin D sebagai vitamin yang larut dalam lemak dicadangkan dalam jaringan adiposa. Kadar

vitamin D dapat mengalami fluktuasi sebagai akibat dari indikator asupan nutrisi dan perubahan musim yang mempengaruhi proses sintesis di kulit (Ribbans *et al.*, 2020).

Proses konversi vitamin D dari kulit dan prekursor asupan nutrisi menjadi zat metabolit aktif diawali dari bentuk 25(OH)D atau *calcidiol* sebagai bentuk inaktif yang memiliki masa 21 – 30 hari dalam tubuh. *Calcidiol* dibentuk dari asupan nutrisi dan dibantu pre-vitamin D3 yang berasal dari aktivasi 7-dehydrocholesterol oleh sinar matahari UVB. *Calcidiol* mengalami proses hidroksilasi ke-2 untuk memproduksi zat metabolit aktif dalam bentuk 1,25(OH)D atau *calcitriol*. Enzim yang berperan dalam proses hidroksilasi ini yaitu *1 α-hydroxylase* (CYP27B1). Enzim ini ditemukan di banyak jaringan dalam tubuh. Serum yang diproduksi dari proses ini dapat bertahan 4 – 15 jam dalam tubuh (Gambar 2.4) (Ribbans *et al.*, 2020).



This is an edited version of a figure used in McMaster Pathophysiology Review. Authors Ashu Jain, Eric Wong and Sultan Chaudhry. Used with permission.

Gambar 2.4 Homeostasis Kalsium dan Konversi Vitamin D (Ribbans *et al.*, 2020).

3. Hormonal

Tubuh manusia memiliki beberapa hormon yang berpengaruh terhadap proses pembentukan tulang dan *re-modeling*. Peran hormon endogen estrogen dan androgen menyebabkan *feedback positive* terhadap proses pertumbuhan, perkembangan tulang dan pengambilan mineral secara umum, baik pada pria maupun wanita. Wanita mengalami penurunan tingkat kepadatan mineral tulang lebih cepat daripada pria disebabkan defisiensi estrogen pada 5 – 10 tahun pertama setelah menopause (Pouresmaeili *et al.*, 2018). Gangguan hormonal seperti *primary hyperparathyroidism* (PHPT) juga memiliki pengaruh terhadap penurunan tingkat kepadatan mineral tulang terkait peran hormon paratiroid dalam regulasi homeostasis kalsium pada ginjal dan tulang. PHPT menyebabkan peningkatan sekresi hormon paratiroid yang berpengaruh terhadap peningkatan kadar serum kalsium akibat pelepasan dari kalsium dalam tulang. Kondisi ini menyebabkan risiko terjadinya osteoporosis semakin tinggi dengan meningkatkan proses *bone turnover* (Pouresmaeili *et al.*, 2018).

4. Genetik

Genetik memiliki pengaruh terhadap tingkat kepadatan mineral tulang. Sekitar 60% - 75% variasi pada *peak bone mass/density* disebabkan oleh faktor keturunan atau poligenetik. Faktor genetik ini bisa kita ketahui juga melalui riwayat gangguan kepadatan tulang pada keluarga. Terdapat beberapa polimorfisme gen yang memiliki keterkaitan dengan osteoporosis sebagai determinan tingkat kepadatan mineral tulang, diantaranya reseptor vitamin D (gen VDR), kolagen tipe I $\alpha 1$ (gen COL1A1), dan reseptor- α estrogen (gen ER α) (Ck *et al.*, 2021; Pouresmaeili *et al.*, 2018). Gen VDR berperan memodulasi transkripsi gen target yang terlibat dalam pengambilan kalsium atau pembentukan tulang, termasuk

protein *calcium-binding* dan *osteocalcin*. Mutasi gen COL1A1 secara konsisten memiliki hubungan dengan tingkat risiko fraktur. Gen *Era* memiliki peranan penting dalam mengontrol pertumbuhan rangka dan mempertahankan massa tulang (Ck *et al.*, 2021; Pouresmaeili *et al.*, 2018).

5. *Behavioural* atau kebiasaan

a) Kebiasaan Merokok

Kebiasaan mengonsumsi rokok memberikan dampak negatif terhadap kesehatan, termasuk kesehatan tulang. Kebiasaan merokok dapat mengganggu kesehatan tulang berkaitan dengan efek racun yang terkandung dalam rokok dapat menghambat kerja hormon *calcitonin* dan menghambat pembentukan tulang baru. Bagian rokok yang berpengaruh terhadap kejadian osteoporosis adalah kadmium dari asap tembakau dalam rokok. Dalam beberapa penelitian menunjukkan paparan kadmium dalam kadar rendah dapat meningkatkan risiko osteoporosis dan fraktur (Li *et al.*, 2020).

Kadmium dalam rokok memiliki pengaruh signifikan terhadap fraktur di semua bagian tulang, kecuali lumbar (Pouresmaeili *et al.*, 2018). Dalam penelitian yang dilakukan Li *et al.*, dari 886 orang pria di Swedia didapatkan hasil bahwa kadmium dari asap tembakau rokok dapat menyebabkan >40% penurunan tingkat kepadatan mineral tulang (Li *et al.*, 2020). Dalam penelitian lain tidak terdapat hubungan merokok dengan risiko fraktur pada wanita (Pouresmaeili *et al.*, 2018).

Serum hormon paratiroid mengalami peningkatan pada perokok berat. Perokok juga mengalami penurunan kadar 1,25-dihydroxyvitamin D ($1,25(\text{OH})_2\text{D}$) sekitar 10%. Merokok berhubungan dengan peningkatan hormon FSH (*follicle stimulating hormone*) dan LH (*luteinizing hormone*) yang menyebabkan kadar estrogen menurun dan kehilangan mineral

tulang secara cepat (Gambar 2.5) (Pouresmaeili *et al.*, 2018).

b) Konsumsi Alkohol

Konsumsi alkohol memiliki efek terhadap tingkat kepadatan mineral tulang. Alkohol berpengaruh terhadap *peak bone mass*, dimana pada orang dewasa konsumsi alkohol yang tinggi dimasa muda dapat merugikan kesehatan tulang dengan mengganggu proses mineralisasi tulang dari metabolisme kalsium dan vitamin D dalam tubuh (Weaver *et al.*, 2016).

Konsumsi alkohol baik itu rendah, sedang, atau tinggi dapat secara signifikan berpengaruh terhadap risiko terjadinya fraktur, terutama kesehatan tulang kortikal dan trabekular bagian distal radius pada pria. Pada wanita, konsumsi alkohol juga berpengaruh terhadap tulang trabekular dan distal tibia (Pouresmaeili *et al.*, 2018). Berdasarkan sebuah penelitian didapatkan hasil bahwa alkohol memiliki efek buruk terhadap kesehatan tulang dengan mengonsumsi ≥ 4 gelas/hari dapat meningkatkan risiko terjadinya fraktur (Maurel *et al.*, 2012). Oleh karena itu, konsumsi alkohol perlu dihindari dalam rangka menjaga kesehatan tubuh dan tulang.

6. Usia

Usia menjadi faktor penting terkait rendahnya kepadatan mineral tulang. Aktivitas sel *osteoblast* dan *osteoclast* dalam proses *re-modeling* tulang dikontrol oleh hormon steroid pada sel-sel tulang. Ketidakseimbangan antara sel *osteoblast* dan *osteoclast* menyebabkan terjadinya kondisi *high turnover* yaitu perubahan tulang secara cepat akibat berbagai faktor, termasuk gangguan mineralisasi tulang atau penyakit tulang. *Peak bone mass* atau puncak periode pertumbuhan massa tulang berakhir pada usia 25 - 30 tahun, setelah itu proses mineralisasi massa tulang akan mengalami penurunan fungsional dan rentan terjadi pengeroposan tulang (Wangko dan Kalangi, 2012).

Status kepadatan mineral tulang mengalami penurunan seiring bertambahnya usia sebagian besar terkait dengan faktor hormonal terutama estrogen sebagai hormon yang berperan dalam regulasi *re-modeling* tulang. Dalam suatu penelitian didapatkan hasil bahwasannya usia memiliki korelasi positif terhadap kepadatan mineral tulang pada pria dibandingkan pada wanita. Pada wanita kepadatan mineral tulang dikaitkan dengan periode *post-menopausal* dimana sekresi dan fungsi hormon estrogen mengalami penurunan (Xuan *et al.*, 2020).

7. Jenis Kelamin

Jenis Kelamin adalah identitas seksual berupa perbedaan bentuk, sifat, dan fungsi biologis responden (Oakley, 2015). Wanita memiliki risiko empat kali lebih tinggi terkena osteoporosis daripada laki-laki (IOF, 2013). Peningkatan angka osteoporosis dua kali lebih besar terjadi pada wanita daripada laki-laki. Tulang mengalami proses *re-modeling* dimana secara terus-menerus akan terjadi proses penyerapan, penghancuran, dan pembentukan kembali pada tulang (Indah, 2020; Heidari *et al.*, 2017).

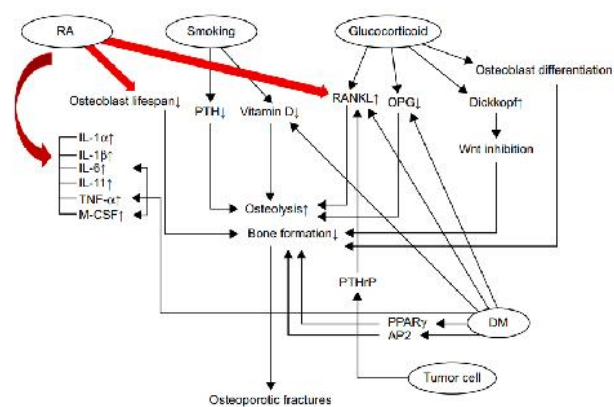
8. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks massa tubuh merupakan faktor tingkat kepadatan mineral tulang. Penilaian antropometri dalam menilai IMT diperlukan dalam kaitannya dengan tingkat kepadatan mineral tulang. Berat badan yang tidak normal pada seseorang dapat meningkatkan risiko terjadinya osteoporosis (Mazocco and Chagas, 2017). Hal ini disebabkan penumpukan lemak subkutan dan lemak visceral yang berlebihan dapat menyebabkan peradangan sistemik dan beban yang lebih berat dari biasanya dapat memicu pengeroposan tulang pada bagian tulang yang menopangnya (Cristina and Longo, 2020). Berat badan yang berlebihan dapat menyebabkan perubahan metabolisme berupa resistensi insulin, produksi hormon

androgen, dan estrogen yang berlebihan sehingga mengurangi aktivitas *osteoblast*. Peningkatan produksi adipokin (seperti, *leptin*) dan aktivitas aromatase menyebabkan peningkatan penyerapan kalsium usus dan penyimpanan lemak berlebih pada tulang yang dapat berefek negatif terhadap formasi tulang (Pouresmaeili *et al.*, 2018).

9. Penggunaan Obat Glukokortikoid

Obat glukokortikoid biasanya digunakan pada gangguan yang disebabkan autoimun, penyakit terkait saluran pencernaan dan paru-paru, pasien transplantasi organ, dan keganasan. Glukokortikoid memiliki efek buruk pada tulang rangka dengan menginduksi tulang bifasik kehilangan mineral tulang pada awal fase inisiasi cepat sekitar 10% - 20% dalam waktu 3 bulan penggunaan terapi dan menginduksi kehilangan mineral tulang sekitar 2% - 5% dalam fase lambat setiap tahunnya. Glukokortikoid berpengaruh terhadap terjadinya osteoporosis dengan meningkatkan ekspresi dari *receptor activator of nuclear factor K-ligand* (RANKL) dan menurunkan ekspresi dari *decoy receptor, osteoprotegerin* (OPG) pada sel *stromal* dan *osteoblastik* yang menyebabkan kenaikan resorpsi tulang (Gambar 2.5) (Pouresmaeili *et al.*, 2018).



Gambar 2.5 Keterlibatan Faktor Risiko Osteoporosis Dalam Pembentukan Tulang (Pouresmaeili, *et al.*, 2018).

10. Diabetes Mellitus (DM)

Diabetes Mellitus (DM) dapat menyebabkan gangguan tulang rangka melalui multi-mekanisme termasuk perubahan kadar insulin dan *IGF*, hiperkalsiuria dengan glikosuria, penurunan fungsi ginjal, obesitas, konsentrasi tinggi *advanced glycation end products* (AGEs) pada kolagen, angiopati, neuropati, dan inflamasi. DM menyebabkan terjadinya penurunan produksi *osteocalcin* yang meregulasi *osteogenesis* secara positif sehingga proses pembentukan dan pembaharuan tulang terhambat (Pouresmaeili *et al.*, 2018).

2.1.4 Pengukuran Kepadatan Tulang

Kepadatan tulang dapat ditentukan melalui pemeriksaan *Bone Mineral Density* (BMD), yang secara umum menghasilkan dua pengukuran yaitu T-Score dan Z-score. Skor ini mengindikasikan jumlah BMD seseorang bervariasi dari rata-rata. Skor negatif mengindikasikan kepadatan tulang yang rendah, sedangkan skor positif mengindikasikan kepadatan tulang lebih tinggi, dimana untuk penyakit seperti osteoporosis didefinisikan bila nilai BMD kurang dari sama dengan -2,5 yang artinya kepadatan tulang berada pada 2,5 standar deviasi dibawah rata-rata pria/wanita berusia 30 tahun (NIAMS, 2023). Pengukuran kepadatan tulang dapat dilakukan melalui berbagai metode sesuai alat yang digunakan, sebagai berikut:

1. *Dual energy x-ray absorptiometry* (DXA)

DXA merupakan pengukuran kepadatan tulang dua dimensi. Meskipun menjadi *gold standart*, pada DXA kedalaman tulang tidak termasuk kedalam faktor yang berpengaruh pada pengukuran ini sehingga ukuran tulang dapat mempengaruhi kepadatan mienral tulang. DXA dapat digunakan untuk mengukur BMD berbagai daerah, termasuk lengan atas, pinggul, pinggang, dan tulang belakang (Link and Kazakia, 2020; Yu, *et al.*, 2022).

DXA memiliki keterbatasan penilaian pada pasien dengan *ankylosing spondylitis*, dimana pasien dengan kondisi tersebut lebih dianjurkan menggunakan metode *quantitative computed tomography* (QCT) (Link and Kazakia, 2020; Yu, *et al.*, 2022). DXA bersifat radiatif sehingga kurang baik digunakan untuk populasi rentan, biaya yang mahal, membutuhkan operator alat yang terlatih untuk meminimalisir *error*, serta kurang terjangkau aksesnya untuk tempat layanan kesehatan secara umum (Chanprasertpinyo *et al.*, 2023).

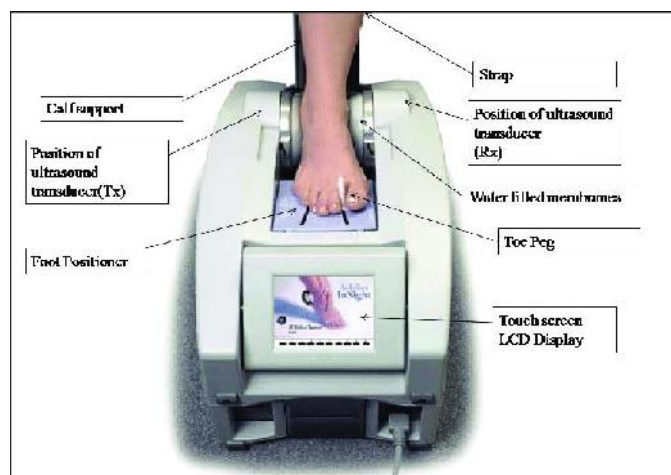
2. *Quantitative Computed Tomography* (QCT)

QCT atau *quantitative computed tomography* merupakan pengukuran volumetric kepadatan tulang. Pada QCT tulang belakang, secara spasial tulang trabekuler yang lebih aktif dari tulang kortikal akan terisolasi, memungkinkan perubahan kepadatan tulang untuk diamati pada tingkat yang lebih besar daripada DXA. QCT biasanya dilakukan pada tulang belakang bagian lumbar (L1-3) dan proksimal tulang femur. QCT dapat dilakukan di tulang bagian perifer biasanya untuk pemeriksaan pada anak-anak dan tidak dianjurkan untuk diagnosis osteoporosis (Link and Kazakia, 2020; Yu, *et al.*, 2022).

3. *Quantitative Ultrasound* (QUS)

Penggunaan ultrasound kuantitatif tidak menggunakan paparan radiasi, namun tidak seluruh alat ultrasound kuantitatif dapat digunakan untuk pemeriksaan pada anak-anak atau remaja muda. Frekuensi yang digunakan berkisar 200 kHz dan 1,5 MHz serta untuk mengukur kepadatan tulang digunakan *quantitative ultrasound index* yang mengkombinasikan evaluasi kecepatan suara (m/s) dan atenuasi lokasi pita (BUA dalam satuan decibel per MHz). QUS merupakan metode *non-invasive* yang dapat mengestimasi status kepadatan mineral tulang. QUS menyediakan

beberapa informasi struktural yang bisa menjadi kriteria penting dalam mempertimbangkan risiko fraktur. QUS digunakan sebagai metode yang aman, mudah digunakan, dan biaya terjangkau (Link and Kazakia, 2020; Hans *et al.*, 2022).



Gambar 2.6 Alat *Ultrasound Bone Densitometer* metode QUS (Vishwanath *et al.*, 2011).

4. *Compton scattering x-ray*

Compton scattering bekerja berdasarkan pola difraksi sinar gamma yang dibandingkan dengan bagian yang ditransmisikan sebagai fungsi dari kadar mineral pada volume material tertentu. Metode ini dapat membedakan antara komponen organik dan anorganik pada jaringan tulang (Tashima and Yamaya, 2022).

5. *Single energy photon absorptiometry (SPA)*

Metode ini menggunakan ^{125}I sebagai sumber foto monoenergetik (mengemisikan energi sebanyak 27 keV) dan dideteksi dengan *sodium iodide counter*. Metode ini bekerja berdasarkan perbedaan pada absorpsi foton antara tulang dan jaringan sekitarnya dan perhitungan mineral jaringan diekspresikan dalam satuan gram/sentimeter. SPA biasanya digunakan dalam mengukur tulang kortikal dan trabekular lengan (Burr and Allen, 2014).

2.1.5 Pengukuran Status Gizi Berdasarkan Indeks Massa Tubuh

Pengukuran status gizi bertujuan menilai keseimbangan zat gizi di dalam tubuh berdasarkan berat badan yang sesuai dengan tinggi badan orang tersebut. Pengukuran status gizi pada orang dewasa dilakukan menggunakan metode pengukuran antropometri tinggi badan (m) dan berat badan (kg) yang dikonversikan kedalam nilai indeks massa tubuh (IMT) berdasarkan standar rumus, sebagai berikut:

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat Badan (kg)}}{\text{Tinggi Badan (m)} \times \text{Tinggi Badan (m)}}$$

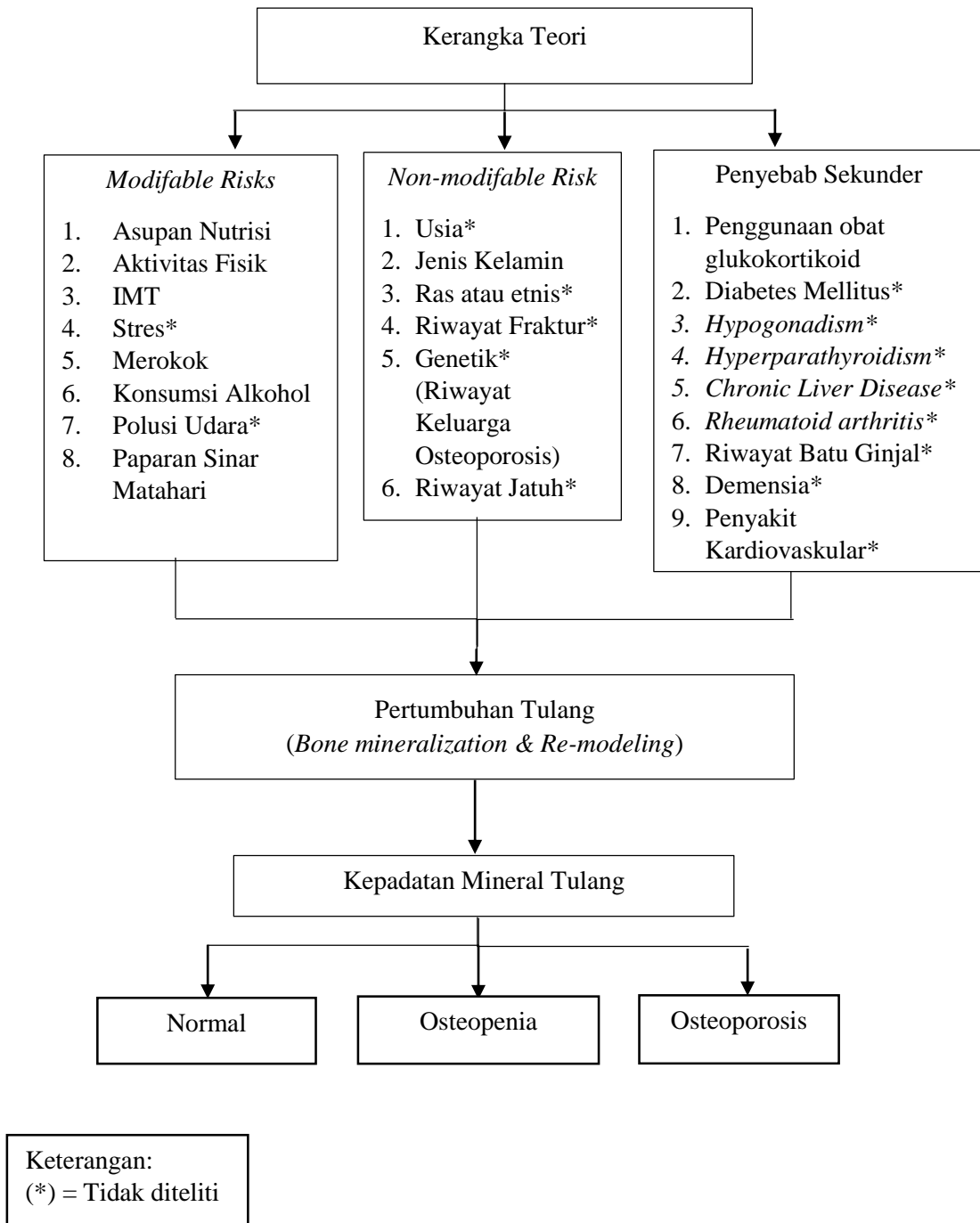
Status gizi berdasarkan IMT pada remaja dan dewasa menjadi salah satu acuan penting dalam menilai kondisi kesehatan seseorang dan rentang berat badan ideal yang seharusnya dimiliki. Nilai IMT yang didapat dari perhitungan rumus IMT akan diinterpretasikan berdasarkan batas ambang IMT untuk Indonesia sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 tentang Pedoman Gizi Seimbang (Gambar 2.7).

Kategori	Definisi	IMT
Sangat Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	<17,0
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17 – <18,5
Normal	Berat badan normal ideal	18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	>25,0 – 27,0
Obesitas	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27,0

Gambar 2.7 Interpretasi Status Gizi Berdasarkan IMT

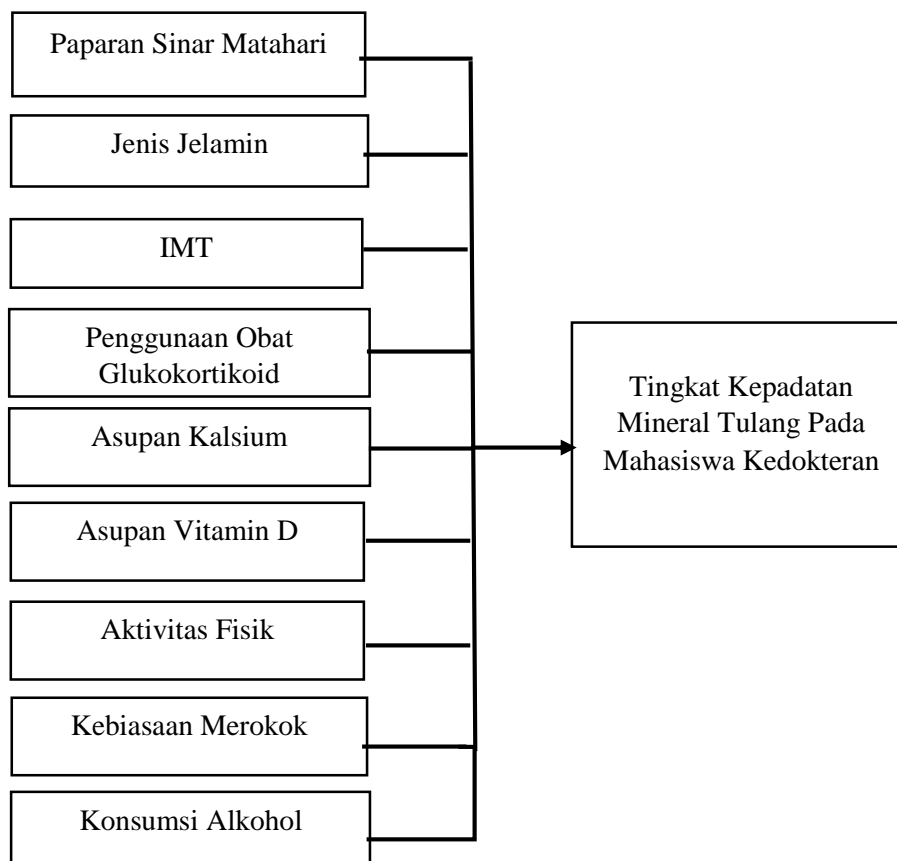
(Kemenkes RI, 2014).

2.3 Kerangka Teori



Gambar 2.8 Kerangka Teori Faktor - Faktor yang Berhubungan Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang pada Mahasiswa Kedokteran (Pouresmaeili *et al.*, 2018; Ribbans *et al.*, 2020).

2.4 Kerangka Konsep



Gambar 2.9 Kerangka Konsep Faktor - Faktor yang Berhubungan Dengan Tingkat Kepadatan Mineral Tulang pada Mahasiswa Kedokteran.

2.5 Hipotesis

Berdasarkan judul penelitian ini, maka hipotesis penelitian ini adalah:

1. H₀: terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
Ha: terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

2. H₀: tidak terdapat hubungan antara nilai IMT dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
Ha: terdapat hubungan antara nilai IMT dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
3. H₀: tidak terdapat hubungan antara aktivitas Fisik dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
Ha: terdapat hubungan antara aktivitas fisik dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
4. H₀: tidak terdapat hubungan antara kebiasaan merokok dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
Ha: terdapat hubungan antara kebiasaan merokok dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
5. H₀: tidak terdapat hubungan antara konsumsi alkohol dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
Ha: terdapat hubungan antara konsumsi alkohol dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan *cross-sectional* yang bertujuan untuk mengetahui faktor – faktor yang berhubungan dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa aktif di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan melalui pengambilan data sekali saja pada setiap responden dengan pengisian kuesioner dan pemeriksaan kepadatan tulang menggunakan alat ukur *Achilles Quantitative Ultrasound* (QUS).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung pada bulan Maret s.d. Juli 2024.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

3.3.2 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa kedokteran aktif di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.

3.3.3 Besar Sampel Penelitian

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *non-probability sampling* secara *purposive sampling*. Penentuan dan penyesuaian subyek penelitian dipilih berdasarkan tujuan penelitian dengan mengambil sampel yang relevan dan sesuai kriteria inklusi serta eksklusi untuk mengoptimalkan tujuan spesifik yang ingin dicapai dari penelitian ini. Jumlah sampel minimal didapatkan melalui perhitungan menggunakan rumus besar sampel penelitian dari *Slovin*, sebagai berikut (Dahlan, 2016):

$$n = \frac{N}{1 + (N \cdot e^2)}$$

Keterangan:

- N = Jumlah sampel minimal
 N = Jumlah populasi sampel
 e = *Margin of error* (10% = 0,1)

Maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$n = \frac{530}{1 + (530 \cdot 0.1^2)}$$

$$n = \frac{530}{1 + (5.3)}$$

$$n = \frac{530}{6.3}$$

$$n = 84 \text{ orang (dibulatkan)}$$

Menurut rumus tersebut, sampel minimal yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 84 orang. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut ditambahkan 10% untuk menghindari adanya sampel *drop out* sehingga

total minimal sampel yang dibutuhkan peneliti berjumlah 93 orang dengan responden awal dalam penelitian sebesar 130 orang berarti sudah mencukupi besar minimal sampel yang dibutuhkan. Sampel penelitian dipilih berdasarkan asumsi sebaran rata-rata karakteristik dalam populasi yang relevan dengan tujuan penelitian ini. Populasi sampel memiliki perbandingan sama besar antara kelompok perempuan dan laki-laki untuk menunjang variabel penelitian dan tujuan yang ingin dicapai (*purposive*).

3.4 Kriteria Penelitian

3.4.1 Kriteria Inklusi

Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mahasiswa kedokteran aktif di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
2. Berusia minimal 19 tahun
3. Bersedia mengikuti penelitian dengan menandatangani *informed consent*

3.4.2 Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mahasiswa yang tidak mengisi kuesioner penelitian secara lengkap
2. Mahasiswa yang memiliki riwayat DM atau penyakit metabolik, gangguan hormonal, dan penyakit degeneratif lainnya yang memengaruhi kepadatan mineral tulang

3.5 Identifikasi Variabel

Variabel pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis kelamin, IMT, aktivitas fisik, kebiasaan merokok, dan konsumsi alkohol.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat kepadatan mineral tulang/densitas mineral tulang (DMT) pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

3.6 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
Jenis Kelamin	Identitas seksual berupa perbedaan bentuk, sifat, dan fungsi biologis responden (Oakley, 2015).	Kuesioner Identitas Responden	Observasi dan pengisian kuesioner bagian identitas responden yang diverifikasi dengan Kartu Tanda Penduduk (KTP)	0 = Laki-laki 1= Perempuan	Nominal
IMT	Indeks massa tubuh (IMT) yang dihitung melalui berat badan (kg) dibagi kuadrat dari tinggi badan (m) responden yang kemudian diinterpretasikan kedalam kategori status gizi untuk menilai kecukupan gizi tubuh	<i>Microtoise</i> dan Timbangan	Pengukuran menggunakan timbangan berat badan (ketelitian 0,1 kg) dan <i>microtoise</i> (ketelitian 0,1 cm). Setelah itu, dihitung ke dalam rumus IMT berupa berat badan (kg) dibagi kuadrat dari tinggi badan (m)	0= Sangat kurus (IMT<17) 1= Kurus (IMT= 17-18,4) 2= Normal (IMT= 18,5-25) 3= Gemuk (IMT= 25,1-27) 4= Obesitas (IMT>27) (Kemenkes RI, 2014)	Ordinal

			responden untuk mengetahui interpretasi status gizi responden		
Kepadatan Mineral Tulang	Ukuran kadar mineral yang terkandung pada suatu area atau volume dalam tulang sebagai penilaian informatif terkait kualitas tulang yang ditunjukkan melalui pengukuran densitometer dengan hasil berupa <i>T-Score</i> (Kranioti <i>et al.</i> , 2019)	<i>Ultrasound Bone Densitometer, Quantitative Ultrasound (QUS)</i>	Pengukuran menggunakan alat <i>Ultrasound Bone Densitometer, Quantitative Ultrasound (QUS)</i> pada bagian tumit (<i>Os. Calcaneus</i>) kaki kanan responden	0= Normal (<i>T-Score</i>) 1= Osteopenia (<i>T-Score</i> : -1 s/d -2,5) 2= Osteoporosis (<i>T-Score</i> : < -2,5) (NIAMS, 2023)	Ordinal
Aktivitas Fisik	Setiap gerakan tubuh yang diproduksi oleh otot rangka dengan bantuan energi dalam melakukannya (Bull <i>et al.</i> , 2020)	<i>Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)</i>	Pengisian kuesioner GPAQ didampingi panduan dari peneliti (<i>by Assistance</i>).	0= Tinggi ($MET \geq 3000$) 1= Sedang ($600 \leq MET < 3000$) 2= Rendah ($MET < 600$) *MET- menit/minggu (WHO, 2021)	Ordinal
Kebiasaan Merokok	Gaya hidup kebiasaan merokok aktif atau tidak selama	Kuesioner karakteristik gaya hidup responden bagian	Wawancara dan pengisian kuesioner karakteristik	0 = Tidak 1 = Ya (Pratiwi, 2014)	Nominal

	kurun waktu minimal 1 tahun	kebiasaan merokok	gaya hidup responden		
Konsumsi Alkohol	Gaya hidup kebiasaan mengonsumsi alkohol ≥ 750 mL	Kuesioner karakteristik gaya hidup responden bagian konsumsi alkohol	Wawancara dan pengisian kuesioner karakteristik gaya hidup responden	0 = Tidak 1 = Ya (Andriani, 2016)	Nominal

3.7 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer diperoleh secara langsung melalui kuesioner yang akan dibagikan dan diisi oleh responden dengan didampingi panduan dari peneliti, kemudian dilakukan pemeriksaan tingkat kepadatan mineral tulang menggunakan alat ukur *Ultrasound Bone Densitometer* metode *Quantitative Ultrasound (QUS)*. Data sekunder digunakan dalam pengumpulan daftar nama mahasiswa aktif dan jumlah populasi asal responden.

3.8 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berupa alat ukur dan seperangkat kuesioner, sebagai berikut:

1. Alat *Ultrasound bone densitometer* metode *Quantitative Ultrasound (QUS)* untuk mengukur tingkat kepadatan mineral tulang. Berdasarkan Panduan *Quantitative Ultrasound of Bone*, prosedur pengukuran tingkat kepadatan mineral tulang menggunakan alat ini adalah sebagai berikut (NIH, 2020):
 - a) Nyalakan alat sampai terlihat warna atau tulisan pada *display*
 - b) Lakukan *quality control* dan kalibrasi sebelum penggunaan alat menggunakan *phantom* dan gel yang sudah tersedia dengan meletakkan *phantom* pada bagian lubang *scanner* alat, kemudian *start* hingga tertera angka sampai muncul kata "*succeded*" pada *display* alat

- c) Setelah *quality control* dan kalibrasi lepaskan phantom dan lakukan persiapan pada responden untuk dilakukan pengukuran
 - d) Pastikan kaki responden dalam keadaan bersih, kering, dan tanpa aksesoris/penutup lainnya
 - e) Posisikan responden dalam keadaan duduk dan tegak lurus terhadap alat
 - f) Angkat kaki kanan responden dan letakkan diantara 2 bagian bulat transparan pada alat
 - g) Pengukuran bisa mulai dilakukan dan catat hasil yang tertera pada *display* alat
2. Timbangan digunakan sebagai alat untuk mengukur berat badan responden dengan ketelitian 0,1 kg.
 3. *Microtoise* GEA digunakan sebagai untuk mengukur tinggi badan responden dengan ketelitian 0,1 cm.
 4. Lembar pernyataan persetujuan dan *informed consent*
 5. Identitas Responden dengan informasi umum terkait responden
 6. Kuesioner karakteristik gaya hidup responden untuk menilai konsumsi alkohol, kebiasaan merokok, dan lama paparan sinar matahari pada responden. Kuesioner konsumsi alkohol dan kebiasaan merokok telah diuji validitas dengan *corrected item-total correlation* dengan hasil 0,677 (valid) dan uji reliabilitas dengan nilai *cronbach's alpha* 0,716 (reliabel) (Pratiwi, 2014; Andriani, 2016). Selain itu, kuesioner paparan sinar matahari telah diuji validitas dan reliabilitas dengan hasil signifikansi $p < 0,05$ dan nilai *cronbach's alpha* 0,739 sehingga valid dan reliabel (Firdawati, 2023).
 7. Kuesioner *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) untuk menilai aktivitas fisik responden dalam satuan MET menit per minggu. MET atau *Metabolic Equivalent Task* adalah konsep fisiologis dalam menunjukkan biaya energi aktivitas fisik, dimana 1 MET merupakan sekitar 3,5 mililiter oksigen yang dikonsumsi per kilogram berat badan per menit atau 1 kkal/kg/jam (WHO, 2021). Kuesioner ini sudah dilakukan uji validitas dan reliabilitas. Uji validitas yang dilakukan oleh Cleland, *et al.*, didapatkan hasil uji sedang dengan korelasi terhadap data *accelerometer* ($r=0,48$)

(Cleland *et al.*, 2014). Uji reliabilitas dilakukan oleh Riskawati dengan hasil koefisien reliabilitas alpha sebesar 0,777 (Riskawati, 2018). Perhitungan aktivitas fisik menggunakan GPAQ dengan rumus, sebagai berikut:

Rumus Total Aktivitas Fisik (MET menit per minggu)
$[(P2 \times P3 \times 8) + (P5 \times P6 \times 4) + (P8 \times P9 \times 4) + (P11 \times P12 \times 8) + (P14 \times P15 \times 4)]$

Perhitungan akhir aktivitas fisik dikelompokkan sesuai kategori dalam buku panduan GPAQ yang dibuat oleh WHO menggunakan menggunakan *cutoff value* dalam *coding* pada aplikasi pengolah data statistik, sebagai berikut:

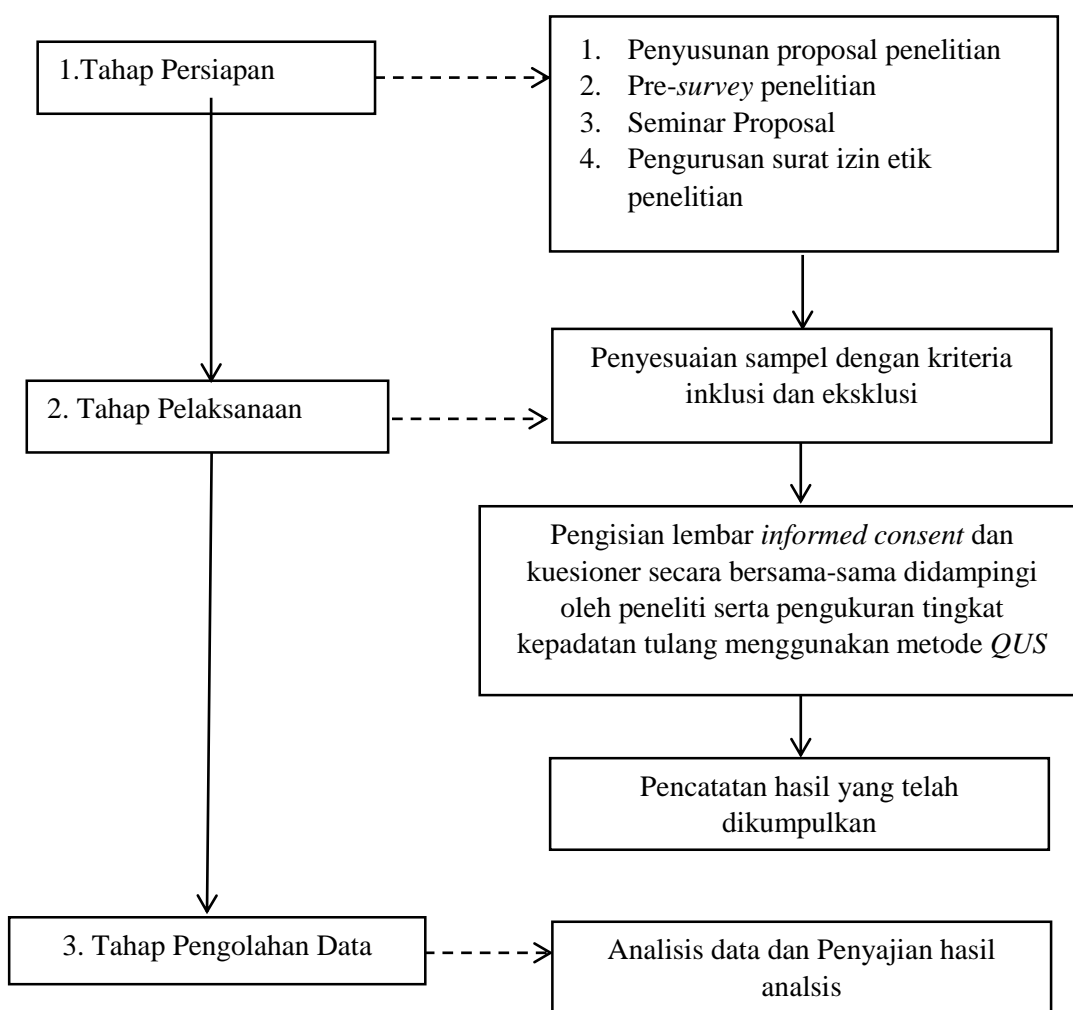
Level of total physical activity	Physical activity cutoff value
High	<ul style="list-style-type: none"> • IF: $(P2 + P11) \geq 3$ days AND Total physical activity MET minutes per week is ≥ 1500 <p style="text-align: center;">OR</p> <ul style="list-style-type: none"> • IF: $(P2 + P5 + P8 + P11 + P14) \geq 7$ days AND total physical activity MET minutes per week is ≥ 3000
Moderate	<ul style="list-style-type: none"> • IF: level of physical activity does not reach criteria for high levels of physical activity <p style="text-align: center;">AND at least one of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IF: $(P2 + P11) \geq 3$ days AND $((P2 * P3) + (P11 * P12)) \geq 3*20$ minutes <p style="text-align: center;">OR</p> <ul style="list-style-type: none"> • IF: $(P5 + P8 + P14) \geq 5$ days AND $((P5 * P6) + (P8 * P9) + (P14 * P15)) \geq 150$ minutes <p style="text-align: center;">OR</p> <ul style="list-style-type: none"> • IF: $(P2 + P5 + P8 + P11 + P14) \geq 5$ days AND Total physical activity MET minutes per week ≥ 600
Low	IF level of physical activity does not reach the criteria for either high or moderate levels of physical activity

8. Kuesioner SQ-FFQ untuk menilai asupan kalsium dan vitamin D responden.

- a. Kuesioner SQ-FFQ Asupan Kalsium: merupakan kuesioner SQ-FFQ modifikasi dengan variasi konsumsi makanan dan minuman yang dianjurkan oleh standar *International Osteoporosis Foundation* dan Tabel Komposisi Pangan Indonesia Tahun 2017 (Kemenkes RI, 2018; IOF, 2022).

- b. Kuesioner SQ-FFQ Asupan Vitamin D: merupakan kuesioner SQ-FFQ modifikasi komponen makanan dan minuman yang telah diuji reliabilitas dan validitasnya terhadap *5-days dietary record* menggunakan *Spearman's Rank correlation* dengan signifikansi $p < 0,05$ dan koefisien korelasi 0,268 (Hribar *et al.*, 2022).

3.9 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian.

3.10 Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh akan dimasukkan ke dalam *form* aplikasi pengolahan data statistik untuk diolah melalui serangkaian prosedur, sebagai berikut:

1. *Editing*: merupakan tahap pengecekan kembali kelengkapan, kejelasan, dan relevansi terhadap data yang dikumpulkan dari isian kuesioner instrumen penelitian. Jika terdapat data yang belum lengkap, maka dilakukan pengambilan data ulang atau dimasukkan kepada data *missing* bila tidak memungkinkan (Notoatmodjo, 2014; Irmawartini dan Nurhaedah, 2017).
2. *Coding*: merupakan tahap konversi data yang dikumpulkan kedalam bentuk angka atau bilangan tertentu untuk memudahkan dalam proses tabulasi (Notoatmodjo, 2014; Irmawartini dan Nurhaedah, 2017).
3. *Data Entry* atau *Processing*: tahap ini merupakan proses input data yang sudah dikumpulkan dari responden dalam bentuk angka atau bilangan tertentu kedalam aplikasi komputer untuk dilakukan pengolahan data. (Notoatmodjo, 2014; Irmawartini dan Nurhaedah, 2017).
4. *Data Cleaning*: pada tahap ini dilakukan pemeriksaan kembali terhadap data yang sudah diinput untuk menghindari kesalahan data *input* data. Jika terdapat kesalahan, maka dilakukan pembersihan data (Notoatmodjo, 2014; Irmawartini dan Nurhaedah, 2017).
5. Tabulasi: merupakan tahap pengelompokan data kedalam bentuk tabel yang sesuai dengan konsep penelitian (Notoatmodjo, 2014; Irmawartini dan Nurhaedah, 2017).

3.11 Analisis Data

3.11.1 Analisis Univariat

Analisis univariat digunakan bertujuan untuk menggambarkan karakteristik setiap variabel penelitian. Dalam penelitian ini, analisis univariat digunakan untuk menentukan gambaran deskriptif setiap variabel dalam bentuk distribusi frekuensi, persentase, serta nilai rata-rata pada setiap variabel yang diuji. Analisis univariat dilakukan terhadap variabel terikat maupun variabel bebas.

3.11.2 Analisis Bivariat

Analisis bivariat merupakan analisis yang digunakan dalam rangka menganalisis variabel terikat dan variabel bebas menggunakan aplikasi pengolahan data statistik. Analisis bivariat yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji statistik non-parametrik dalam menilai korelasi variabel-variabel independen terhadap variabel dependen berupa data dengan skala kategorik. Data dianalisis menggunakan uji non-parametrik metode *Kendall Tau* untuk hubungan variabel dengan skala ordinal-ordinal. Sedangkan, analisis bivariat data dengan skala nominal-ordinal menggunakan metode *Contingency Coefficient* terkait *chi-square*. Hasil yang diharapkan berupa nilai koefisien korelasi (r) terkait kekuatan hubungan antar dua variabel uji, signifikansi (p) $< 0,05$, dan arah korelasi (Setyawan, 2022).

3.12 Etika Penelitian

Penelitian ini telah melalui uji kelulusan kajian etik penelitian oleh Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor 2608/UN26.18/PP.05.02.00/2024. Hal ini dilakukan sehingga penelitian ini dapat dilakukan sesuai dengan kerahasiaan dan keamanan mengenai data responden serta pemeriksaan yang dilakukan dalam penelitian. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan penjelasan awal kepada responden yang tertuang dalam lembar *informed consent* agar kesalahan etik dapat diminimalisir dan dihindari.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Gambaran umum hasil tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung menunjukkan rata-rata berada dalam kategori osteopenia dengan jumlah 51 orang mahasiswa dan presentase sebesar 54,3% dari total keseluruhan responden. Sedangkan, pada kategori normal terdapat sebanyak 37 orang mahasiswa atau sebesar 39,4%, dan kategori osteoporosis ditemukan sebanyak 6 orang mahasiswa atau sebesar 6,4%. Aktivitas fisik, asupan kalsium, paparan sinar matahari pada mahasiswa mayoritas sudah mencukupi batas dalam kategori normal. Akan tetapi, distribusi indeks massa tubuh mahasiswa terbagi menjadi dua kelompok besar pada kategori normal dan obesitas serta masih rendahnya asupan vitamin D pada mahasiswa.
2. Jenis kelamin dan aktivitas fisik memiliki hubungan yang signifikan dan bermakna dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
3. Kebiasaan merokok, konsumsi alkohol, dan indeks massa tubuh tidak memiliki hubungan yang signifikan dan bermakna dengan tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
4. Aktivitas fisik merupakan faktor yang memiliki kekuatan korelasi paling kuat ($p= 0,678$) dalam memengaruhi tingkat kepadatan mineral tulang.

Sedangkan, jenis kelamin menjadi faktor yang memiliki hubungan bermakna dengan kekuatan paling lemah ($p= 0,258$) terhadap tingkat kepadatan mineral tulang pada mahasiswa kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

5.2 Saran

- a. Perlu dilakukan kegiatan lanjutan dari hasil penelitian dalam bentuk kegiatan yang dapat mengedukasi mahasiswa terkait kepadatan mineral tulang dan pencegahan terhadap gangguan kesehatan tulang.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan faktor-faktor lainnya secara lebih luas terkait pengaruhnya terhadap kepadatan mineral tulang.
- c. Perlu adanya pemeriksaan laboratorium sebagai penyerta survei konsumsi untuk mengetahui hasil yang lebih spesifik dan akurat.
- d. Perlu adanya rekomendasi wajib terkait suplementasi kalsium dan vitamin D untuk kelompok usia remaja dan dewasa dalam menunjang pertumbuhan tulang terutama selama periode puncak kepadatan mineral tulang atau *peak bone mass*.
- e. Perlu adanya pemeriksaan menggunakan *gold standard* berupa alat *dual x-ray absorptiometry* (DXA) sebagai perbandingan standar pemeriksaan dengan akurasi hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abukhadir, S.S., Mohamed, N., Mohamed, N. 2013. Pathogenesis of Alcohol-Induced Osteoporosis and Its Treatment: A Review. *Curr. Drug Targets*, 14: 1601–1610.
- Adiotomre, E., Summers, L., Allison, A., Walters, S.J., Digby, M., Broadley, P., Lang, I., Morrison, G., Bishop, N., Arundel, P., and Offiah, A.C. (2017). Diagnostic accuracy of DXA compared to conventional spine radiographs for the detection of vertebral fractures in children. *European radiology*, 27(5): 2188–2199.
- Alghadir, A. H., Gabr, S. A., and Al-Eisa, E. 2015. Physical Activity and Lifestyle Effects On Bone Mineral Density Among Young Adults: Sociodemographic and Biochemical Analysis. *Journal of physical therapy science*, 27(7): 2261–2270.
- Anagnostis, P., Florentin, M., Livadas, S., Lambrinouadaki, I., and Goulis, D. G. Bone Health in Patients with Dyslipidemias: An Underestimated Aspect. *Int. J. Mol. Sci.*
- Andriani, R. 2016. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kepadatan Tulang Pada Lansia Awal Di Puskesmas Pisangan Tangerang Selatan Tahun 2016. [*Skripsi*]. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Balk, E.M., Adam, G.P., Langberg, V.N., Earley, A., Clark, P., Ebeling, P.R., Mithal, A., Rizzoli, R., Zerbini, C.A.F., Pierroz, D.D., Dawson-Hughes, B., and International Osteoporosis Foundation Calcium Steering Committee (2017). Global dietary calcium intake among adults: a systematic review. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 28(12): 3315–3324.
- BPS Provinsi Lampung. 2024. Presentase Penduduk yang Merokok Tembakau. Kegiatan Statistik. Bandar Lampung: Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung [*Internet*]. Available from <https://lampung.bps.go.id/news/2024/03/08/271/persentase-penduduk-yang-merokok-tembakau-sebesar-28-01-persen.html/>. Diakses pada 28 Maret 2024.
- BPS. 2024. Presentase Merokok Pada Penduduk Umur 15 Tahun Menurut Kelompok Umur (Persen) , 2021-2023. Produk-Tabel Statistik Kesehatan. Jakarta: Badan Pusat Statistik Nasional [*Internet*]. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTQzOCMy/persentase-merokok-pada-penduduk-umur-15-tahun-menurut-kelompok-umur.html/>. Diakses pada 28 Maret 2024.
- Buckley, L., and Humphrey, M.B. 2018. Glucocorticoid-Induced Osteoporosis. *The New England journal of medicine*, 379(26): 2547–2556.

- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., ... Willumsen, J. F. 2020. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24): 1451–1462.
- Burr, D.B. and Allen, M.R. 2014. *Basic and Applied Bone Biology*. USA: Elsevier Inc.
- Buttan, A., Cui, J., Guo, X., Chen, Y. I., Hsueh, W. A., Rotter, J. I., and Goodarzi, M. O. 2020. Physical Activity Associations with Bone Mineral Density and Modification by Metabolic Traits. *Journal of the Endocrine Society*, 4(8): 092.
- 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, X., Xu, S., and Zhang, H. 2022. Regulation of Bone Health Through Physical Exercise: Mechanisms and Types. *Frontiers in endocrinology*, 13: 1029475.
- Chanprasertpinyo, W., Punsawad, C., Khwanchuea, R., Sukkriang, N., Yincharoen, P., and Rerkswattavorn, C. (2023). Comparison between calcaneus quantitative ultrasound and the gold standard DXA in the ability to detect osteoporosis in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 18(1): 778.
- Cherukuri, L., Kinninger, A., Birudaraju, D., Lakshmanan, S., Li, D., Flores, F., Mao, S., Budoff, M. 2021. Effect Of Body Mass Index On Bone Mineral Density Is Age-specific. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 31.
- Christodoulou, S., Goula, T., Ververidis, A., and Drosos, G. 2013. Vitamin D and Bone Disease. *BioMed research international*, 396541.
- Ck, A. A., Tholupunuri, H., Reddy, M. R., Muralidhar, M., Jayyrapu, D., and Nair, S. 2021. Genetic Impact on Bone Modulation-A Review Bridging Bioscience to Genetic Engineering. *Global medical genetics*, 8(2): 51–56.
- Cleland, C.L., Hunter, R.F., Kee, F., Cupples, M. E., Sallis, J.F., and Tully, M.A. 2014. Validity of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) in assessing levels and change in moderate-vigorous physical activity and sedentary behaviour. *BMC Public Health*. 14. Hlm. 1-11.
- Cristina, D., and 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.
- Dahlan, M. S. 2016. *Besar Sampel dalam Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*. Edisi Ke-4. Jakarta: Epidemiologi Indonesia.
- Dolan, E., and 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*, 78: 45–55.

- Draper, C. F., Duisters, K., Weger, B., Chakrabarti, A., Harms, A. C., Brennan, L., Hankemeier, T., Goulet, L., Konz, T., Martin, F. P., Moco, S., and van der Greef, J. 2018. Menstrual cycle rhythmicity: metabolic patterns in healthy women. *Scientific reports*, 8(1): 14568.
- Firdawati. 2023. Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Densitas Mineral Tulang Mahasiswi Universitas Lampung. [Thesis]. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Florencio-Silva, R., Sasso, G.R., Sasso-Cerri, E., Simões, M.J., Cerri, P.S. 2015. Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells. *Biomed Res Int*. 2015:421746.
- Godos, J., Giampieri, F., Chisari, E., Micek, A., Paladino, N., Forbes-Hernández, T. Y., Quiles, J. L., Battino, M., La Vignera, S., Musumeci, G., and Grosso, G. 2022. Alcohol Consumption, Bone Mineral Density, and Risk of Osteoporotic Fractures: A Dose-Response Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 19(3): 1515.
- Gomasasca, M., Banfi, G., Lombardi, G. 2020. Myokines The Endocrine Coupling Of Skeletal Muscle And Bone. *Adv Clin Chem*, 94: 155–218.
- Han, J.T., and Lee, S.Y. 2012. A Comparison of Vital Capacity Between Normal Weight and Underweight Women in Their 20s in South Korea. *J Phys Ther Sci*, 24: 379–381.
- Hans, D., Métrailler, A., Gonzalez Rodriguez, E., Lamy, O., Shevroja, E. 2022. Quantitative Ultrasound (QUS) in the Management of Osteoporosis and Assessment of Fracture Risk: An Update. In: Laugier, P., Grimal, Q. (eds) Bone Quantitative Ultrasound. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1364.
- 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.
- Harmon, Q. E., Kissell, K., Jukic, A. M. Z., Kim, K., Sjaarda, L., Perkins, N. J., Umbach, D. M., Schisterman, E. F., Baird, D. D., and Mumford, S. L. 2020. Vitamin D and Reproductive Hormones Across the Menstrual Cycle. *Human reproduction (Oxford, England)*, 35(2): 413–423.
- Heidari, B., Mohammadi, A., Javadian, Y., Bijani, A., and Hosseini, R. 2017. Associated Factors of Bone Mineral Density and Osteoporosis in Elderly Males. *Int J Endocrinol Metab*, 15(1): 1–10.
- Henry, J.P and Bordonni, B. 2023. *Histology, Osteoblasts*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557792/>. Diakses pada 25 November 2023.
- Hereford, T., Kellish, A., Samora, J., and Reid Nichols, L. 2024. Understanding the Importance of Peak Bone Mass. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America*.
- Hribar, M., Žlavs, K., Pravst, I., and Zmitek, K. 2022. Validation of the food frequency questionnaire for the assessment of dietary vitamin D intake. *Frontiers in Nutrition*. 9: 950874.

- Ilesanmi-Oyelere, B.L., Coad, J., Roy, N. 2018. Lean Body Mass in The Prediction of Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. *Biores Open Access*, (1):150–8.
- Indah, IS. 2020. *Pusdatin: Situasi Osteoporosis di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- IOF. 2013. The Asia-Pacific Regional Audits (Epidemiology, costs & burden of osteoporosis in 2013). International Osteoporosis Foundation [Internet]. Available from <https://www.osteoporosis.foundation/educational-hub/files/asia-pacific-regional-audit-2013/>. Diakses pada 25 Oktober 2023.
- IOF. 2022. Calcium: List of Calcium Content of Common Foods. International Osteoporosis Foundation [Internet]. Available from <https://www.osteoporosis.foundation/educational-hub/topic/calcium/list-of-calcium-content-of-common-foods/>. Diakses pada 10 Oktober 2023.
- Irmawartini dan Nurhaedah. 2017. *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan: Metodologi Penelitian*. Jakarta: Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Jakarta II. PPSDMK Kemenkes RI.
- Ismalia, N. 2017. Hubungan Gaya Hidup Dengan Dismenore Primer Pada Mahasisiwi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung Angkatan 2015. [Skripsi]. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Jang, H. D., Hong, J. Y., Han, K., Lee, J. C., Shin, B. J., Choi, S. W., Suh, S. W., Yang, J. H., Park, S. Y., and Bang, C. 2017. Relationship Between Bone Mineral Density and Alcohol Intake: A Nationwide Health Survey Analysis of Postmenopausal Women. *PloS one*, 12(6): e0180132.
- Juniati, S. dan Basri, M. 2012. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Osteoporosis yang Dirawat di RS Islam Faisal dan RSUPDR Wahidin Sudirohusodo Makassar. *Poltekkes Kesehatan Kemenkes Makassar*, 1(5).
- Kanemura, H., Hatakeyama, K., Sano, F., Yagasaki, H., Sugita, K., and Aihara, M. 2016. Effect of Sunlight Exposure on Bone Mineral Density in Children with Severe Disability. *Neuropediatrics*, 47(4): 233–237.
- Kemenkes RI. 2014. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 tentang Pedoman Gizi Seimbang*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kemenkes RI. 2018. *Tabel Komposisi Pangan Indonesia 2017*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kemenkes RI. 2019. *Laporan Nasional Riskesdas 2018*. Jakarta: Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI.
- Kemenkes RI. 2019. *Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kerkadi, A., Lathief, S., Khial, Y. 2022. The Relationship Between Bone Mineral Density and Body Composition Among Qatari Women with High Rate of Obesity: Qatar Biobank Data. *Front Nutr*, 9: 834007.

- Kirk, B., Feehan, J., Lombardi, G. 2020. Muscle, Bone, and Fat Crosstalk: The Biological Role of Myokines, Osteokines, and Adipokines. *Curr Osteoporos Rep*, 18(4): 388–400.
- Kopiczko, A., Łopuszańska-Dawid, M., and Gryko, K. 2020. Bone Mineral Density In Young Adults: The Influence Of Vitamin D Status, Biochemical Indicators, Physical Activity and Body Composition. *Archives of osteoporosis*, 15(1): 45.
- Kranioti, E. F., Bonicelli, A., and García-donas, J. G. 2019. Bone-mineral density : clinical significance, methods of quantification and forensic applications. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 9.
- Lee, H. J., Kim, C. O., and 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.
- Li, H., Wallin, M., Barregard, L., Sallsten, G., Lundh, T., Ohlsson, C., Mellström, D., and Andersson, E. M. 2020. Smoking-Induced Risk of Osteoporosis Is Partly Mediated by Cadmium From Tobacco Smoke: The MrOS Sweden Study. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 35(8): 1424–1429.
- Li, L., Zhong, H., Shao, Y., Zhou, X., Hua, Y., and Chen, M. 2023. Association Between Lean Body Mass to Visceral Fat Mass Ratio and Bone Mineral Density in United States Population: A Cross-Sectional Study. *Archives of public health = Archives belges de sante publique*, 81(1): 180.
- Link, T. M., and Kazakia, G. 2020. Update on Imaging-Based Measurement of Bone Mineral Density and Quality. *Current rheumatology reports*, 22(5): 13.
- Mäkitie, O. and Zillikens, M.C. 2022. Early-Onset Osteoporosis. *Calcif Tissue Int*. 110(5): 546-561.
- Mardiyah, S. dan Sartika, R. 2014. Gangguan Kepadatan Tulang pada Orang Dewasa di Daerah Urban dan Rural. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 272.
- Maurel, D. B., Boisseau, N., Benhamou, C. L., Jaffre, C. 2012. Alcohol and bone: review of dose effects and mechanisms. *Osteoporosis International*, 23(1): 1–16.
- Maurel, D.B., Boisseau, N., Benhamou, C.L., Jaffre, C. 2012. Alcohol and Bone: Review of Dose Effects and Mechanisms. *Osteoporos. Int*. 23: 1–16.
- Mazocco, L., and 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.
- Neeland, I.J., Ross, R., Després, J.P. 2019. Visceral and Ectopic Fat, Atherosclerosis, and Cardiometabolic Disease: A Position Statement. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 7(9): 715–25.
- NIAMS. 2023. Bone Mineral Density Tests: What Numbers Mean. Health Topics [Internet]. Available from <https://www.niams.nih.gov/health-topics/bone-mineral-density-tests-what-numbers-mean/>. Diakses pada 25 Maret 2024.

- NIH. 2020. *Manual: Quantitative Ultrasound of Bone Version 2.0*. San Fransisco: MrOS QUS QA Center UCSF Prevention Sciences Group. USA: National Institute of Health.
- Notoatmodjo, S. 2014. *Metodologi penelitian kesehatan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Oakley, A. 2015. *Sex, Gender, and Society*. UK: Ashgate Publishing Limited.
- P2PTM Kemenkes RI. 2018. Cukup Vitamin D dan Sinar Matahari Agar Mencapai Kepadatan Tulang yang Optimal. Kementerian Kesehatan RI [Internet]. Available from <https://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/penyakit-gangguan-metabolik/cukup-vitamin-d-dan-sinar-matahari-agar-mencapai-kepadatan-tulang-yang-optimal/>. Diakses pada 25 November 2023.
- P2PTM Kemenkes RI. 2021. Apakah Itu Aktivitas Fisik?. Kementerian Kesehatan RI [Internet]. Available from <https://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/obesitas/apakah-itu-aktivitas-fisik/>. Diakses pada 25 November 2023.
- Paggiosi, M.A., Peel, N.F.A., and Eastell, R. 2015. The Impact of Glucocorticoid Therapy on Trabecular Bone Score in Older Women. *Osteoporosis International*, 26: 1773-1780.
- Permatasari, T. 2011. Hubungan Asupan Kalsium Dan Faktor Risiko Lainnya Dengan Kejadian Osteoporosis Pada Kelompok Dewasa Awal Di Wilayah Ciputat-Tangerang Selatan. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 7(2).
- Porter, J.L. and Varacallo, M. 2023. *Osteoporosis*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441901/>. Diakses pada 25 November 2023.
- Pouresmaeili, F., Kamalidehghan, B., Kamarehei, M., Goh, Y.M. 2018. A comprehensive overview on osteoporosis and its risk factors. *Ther Clin Risk Manag*, 14: 2029-2049.
- Pratiwi, R. 2014. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Osteoporosis Di Puskesmas Pondok Betung Tahun 2014. [Skripsi]. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Prentice, R. L., Pettinger, M. B., Jackson, R. D., Wactawski-Wende, J., Lacroix, A. Z., Anderson, G. L., Chlebowski, R. T., Manson, J. E., Van Horn, L., Vitolins, M. Z., Datta, M., LeBlanc, E. S., Cauley, J. A., and Rossouw, J. E. 2013. Health risks and benefits from calcium and vitamin D supplementation: Women's Health Initiative clinical trial and cohort study. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 24(2): 567–580.
- Rachmah, Q., Kriengsinyos, W., Rojroongwasinkul, N., and Pongcharoen, T. 2021. Development and validity of semi-quantitative food frequency questionnaire as a new research tool for sugar intake assessment among Indonesian adolescents. *Heliyon*, 7(6): e07288.
- Ribbans, W.J., Aujla, R., Dalton, S., and Nunley, J. A. 2020. Vitamin D and the athlete-patient: State of the art review. 1-15.

- Riskawati, Y. K., Prabowo, E. D., dan Rasyid, H. A. 2018. Tingkat Aktivitas Fisik Mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Tahun Kedua, Ketiga, Keempat. *Majalah Kesehatan*, 5(1): 27–32.
- 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).
- Rowe, P., Koller, A., Sharma, S. 2023. *Physiology, Bone Remodeling*. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499863/>. Diakses pada 25 November 2023.
- Saag, K. G., Agnusdei, D., Hans, D., Kohlmeier, L. A., Krohn, K. D., Leib, E. S., MacLaughlin, E. J., Alam, J., Simonelli, C., Taylor, K. A., and Marcus, R. 2016. Trabecular Bone Score in Patients with Chronic Glucocorticoid Therapy-Induced Osteoporosis Treated with Alendronate or Teriparatide. *Arthritis & rheumatology (Hoboken, N.J.)*, 68(9): 2122–2128.
- Schwinghammer, T.L., DiPiro, J.T., Ellingrod, V.L., DiPiro C.V. (eds.). 2023. *DiPiro's Pharmacotherapy Handbook, 12e*. USA: McGraw Hill.
- Setyawan, D.A. 2021. *Buku Ajar Statistika Kesehatan Analisis Bivariat Pada Hipotesis Penelitian*. Cetakan Ke-1. Sukoharjo: CV Tahta Media Group.
- Siagian, J., Ascobat, P., dan Linuwih, S. 2019. Kortikosteroid Sistemik: Aspek Farmakologi dan Penggunaan Klinis di Bidang Dermatologi. *Media Dermato Venereologica Indonesiana*. 45(3): 165-171.
- Song, J., Zhang, R., Lv, L., Liang, J., Wang, W., Liu, R., and Dang, X. 2020. The Relationship Between Body Mass Index and Bone Mineral Density: A Mendelian Randomization Study. *Calcif Tissue Int*, 107: 440–445.
- Stagi, S., Cavalli, L., Iurato, C., Seminara, S., Brandi, M. L., and de Martino, M. 2013. Bone metabolism in children and adolescents: main characteristics of the determinants of peak bone mass. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism: the Official Journal of the Italian Society of Osteoporosis, Mineral Metabolism, and Skeletal Diseases*. 10(3): 172-179.
- Tai, V., Leung, W., Grey, A., Reid, I.R., Bolland, M.J. 2015. Calcium Intake and Bone Mineral Density: Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ*, 351: h4183.
- Tashima, H. and Yamaya, T. 2022. Compton imaging for medical applications. *Radiol Phys Technol*, 15: 187–205.
- Varacallo M., Seaman T.J., Jandu J.S., Pizzutillo, P. 2023. Osteopenia. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499878/>. Diakses pada 10 Oktober 2023.
- Verma, C., Lehane, J., and Neale, R. E. 2022. Review of sun exposure guidance documents in Australia and New Zealand. *Public Health Research and Practice*, 32 (March): 1–11.
- Vishwanath, S., Kumar, V., Gujjari, S., Shashikumar, P., Shashikumar, Y., and Patel, D.P. 2011. Correlation of periodontal status and bone mineral

- density in postmenopausal women: A digital radiographic and quantitative ultrasound study. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*, 22: 270-6.
- Wangko, S., dan Kalangi, S. J. R. 2012. Peran estrogen pada remodeling tulang. *Jurnal Biomedik*, 4(3): 18–28.
- Weaver, C. M., Gordon, C. M., Janz, K. F., Kalkwarf, H. J., Lappe, J. M., Lewis, R., O'Karma, M., Wallace, T. C., and Zemel, B. S. 2016. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 27(4): 1281–1386.
- WHO, 2021. *GPAQ Analyalisis Guide*. Swiss: Surveillance and Population Prevention of Noncommunicable Diseases Department, World Health Organizations.
- WHO, 2022. *Physical Activity Indonesia 2022 Country Profile*. World Health Organizations [Internet]. Available from <https://www.who.int/publications/m/item/physical-activity-idn-2022-country-profile/>. Diakses pada 28 November 2023.
- Widyanti, L. R. E., Kusumastuty, I., dan 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, PL., Cui, A. Y., Hsu, C. J., Peng, R., Jiang, N., Xu, X. H., Ma, Y. G., Liu, D., and Lu, H. D. 2022. Global, regional prevalence, and risk factors of osteoporosis according to the World Health Organization diagnostic criteria: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*, 33: 2137–2153.
- Xuan, R., Song, Y., Baker, J. S., and Gu, Y. 2020. The Evaluation of Bone Mineral Density based on Age and Anthropometric Parameters in Southeast Chinese Adults: A Cross-Sectional Study. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 26: e923603.
- Yahara, Y., Nguyen, T., Ishikawa, K., Kamei, K., and Alman, B. A. 2022. The origins and roles of osteoclasts in bone development, homeostasis and repair. *Development (Cambridge, England)*, 149(8), dev199908.
- Yang, Y., Wu, F., Winzenberg, T. 2019. The Association of Vitamin D in Youth and Early Adulthood with Bone Mineral Density and Microarchitecture in Early Adulthood. *Calcif Tissue Int* 104: 605–612.
- Yin, J., Winzenberg, T., Quinn, S. 2011. Beverage-specific Alcohol Intake and Bone Loss in Older Men and Women: A Longitudinal Study. *Eur J Clin Nutr*, 65: 526–532.
- Yu, J.S., Krishna, N. G., Fox, M. G., Blankenbaker, D. G., Frick, M. A., Jawetz, S. T., Li, G., Reitman, C., Said, N., Stensby, J. D., Subhas, N., Tulchinsky, M., Walker, E. A., and Beaman, F. D. 2022. ACR Appropriateness Criteria® Osteoporosis and Bone Mineral Density: 2022 Update. *Journal of the American College of Radiology : JACR*, 19(11S): S417–S432.

- Zhang, P., Lin, C., Chen, M. 2022. Association Between Visceral Fat and Osteoporotic Vertebral Compression Refractures. *Nutrition*, 103(104): 111808.
- Zhu, K., Hunter, M., James, A. 2020. Relationship Between Visceral Adipose Tissue and Bone Mineral Density in Australian Baby Boomers. *Osteoporos Int*, 31(12): 2439–48.