

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tulang

2.1.1. Struktur Tulang

Tulang adalah struktur hidup yang tersusun oleh protein dan mineral. Penyusun utama tulang adalah protein yang disebut kolagen serta mineral tulang (kalsium fosfat). Lebih dari 99% kalsium tubuh terdapat dalam tulang dan gigi, dan 1% terdapat dalam darah.

Terdapat dua tipe tulang dalam tubuh, yaitu *cortical* dan *trabecular*. Tulang korteks adalah tulang yang padat/rapat dan merupakan bagian terluar dari tulang. Tulang trabekular merupakan bagian dalam tulang yang berongga.

Tulang merupakan organ dinamis yang selalu berubah dan mengalami pembaruan. Sel-sel utama yang berperan dalam tulang, yaitu:

1. Osteoblas

Osteoblas adalah sel pembentuk tulang. Osteoblas bekerja membentuk dan mensekresikan kolagen dan nonkolagen organik (komponen matrik tulang). Jadi, osteoblas berperan dalam mineralisasi matrik organik.

2. Osteoklas

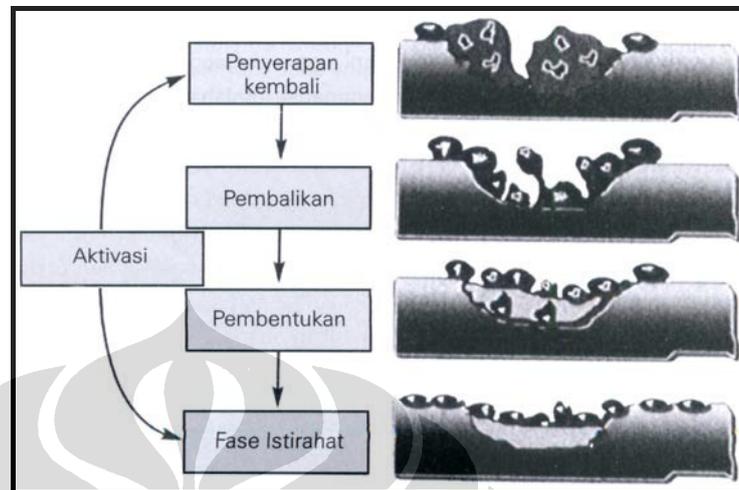
Osteoklas (sel pemecah tulang) adalah sel terpenting pada resorpsi tulang yang berasal dari sel induk sumsum tulang (penghasil makrofag-monosit).

2.1.2. Pembentukan Tulang Kembali (*Bone Remodelling*)

Sepanjang hidup, tulang secara berkala akan mengalami pembentukan kembali (*remodelling*). Proses ini meliputi resorpsi dan formasi. Pada saat resorpsi, tulang yang tua akan hancur dan akan dipindahkan oleh sel osteoklas. Pada saat formasi, jaringan tulang yang baru akan menggantikan tulang yang telah rusak, dan hal ini dilakukan oleh sel osteoblas. Fungsi osteoklas dan osteoblas diatur oleh kalsitonin, hormon paratiroid, vitamin D, estrogen dan testosteron.

Pembentukan tulang kembali digambarkan dengan keseimbangan fungsi osteoblas dan osteoklas. Proses ini terjadi pada tiap permukaan tulang, berlanjut

sepanjang hidup (tiap tahun). Fungsi proses pembentukan tulang kembali yaitu untuk melindungi tulang dari efek kerusakan atau untuk menjaga kekuatan tulang.



Gambar 2.1. Siklus Pembentukan Tulang Kembali Keropos Tulang karena Osteoporosis
Sumber: *Primer on The Metabolic Bone Disease of Mineral Metabolism*; edisi ke-2 (Cosman, 2009)

Saat kita bertambah tua, terjadi gangguan keseimbangan pembentukan tulang. Pada wanita menopause, osteoklas lebih aktif dan osteoblas kurang aktif, sehingga tulang lebih banyak dirusak dan lebih sedikit dibentuk, sehingga terjadi gangguan struktur mikroskopis tulang dan terjadi pengurangan massa tulang menyeluruh.

Kekuatan tulang ditentukan oleh kuantitas dan kualitas tulang. Kuantitas yaitu kepadatan tulang, sedangkan kualitas yaitu ukuran (massa) tulang, kandungan mineral, dan mikroarsitektur tulang. Densitas mineral tulang dicapai maksimal pada usia 18 tahun dan tidak ada perbedaan jender. Stabilitas tulang ditentukan oleh arsitektur tulang dan DMT (Baziad, 2003).

2.2. Densitas Mineral Tulang (DMT)

Densitas Mineral Tulang (DMT) merupakan cara pengukuran kalsium (mineral tulang) pada suatu area atau volume tulang. Cara ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat atau lemahnya tulang seseorang (kepadatan tulang), sehingga dapat diketahui apakah seorang terkena osteoporosis atau osteopenia, dan risiko terkena *fraktur* (patah tulang) (Hindu, 2003 dan Zaviera, 2008).

Kepadatan tulang pada orang tua berasal dari banyaknya tulang yang dicapai saat muda (massa tulang maksimum) dikurangi banyaknya tulang yang kemudian keropos (Cosman, 2009).

Pada wanita remaja, peningkatan DMT secara cepat terjadi setelah *menarche*, sedangkan pada pria dewasa, peningkatan DMT terjadi pada usia 13-17 tahun dan antara usia 17-20 tahun terjadi peningkatan DMT pada tulang belakang (*lumbar spine*) dan *midfemoral*, tapi tidak ada peningkatan yang signifikan pada DMT *femoral neck* (Tehintz, G. et al dalam New, 2003).

Secara umum, tingkat akurasi tes DMT tergolong tinggi, yaitu antara 89-99%. Namun, terdapat perbedaan nilai kepadatan (DMT) pada tiap tempat pengukuran di tubuh. Jadi, densitas tulang pada tempat tertentu merupakan prediktor utama *fraktur* pada tempat tersebut (Zaviera, 2008). Untuk menentukan DMT, dilakukan pengukuran dengan menggunakan dua skor, yaitu:

1. Skor T

Skor T adalah skor yang memfasilitasi klasifikasi wanita ke dalam penderita atau orang yang berisiko terkena osteoporosis atau bahkan terkena *fraktur* (Baziad, 2003). Selain itu, skor T merupakan nilai DMT yang menunjukkan berapa SD diatas atau dibawah DMT rata-rata kelompok umur dewasa muda (20-35 tahun). Umur tersebut dipakai sebagai referensi karena massa tulang berada pada puncaknya dan risiko menderita *fraktur* (patah tulang) sangat rendah. Skor T dipakai tanpa memperhatikan umur penderita yang diukur. Skor T disebut juga DMT rata-rata dewasa muda (Wahner & Folgemal, 1994; Kanis et al, 1996 dalam Irga, 2009).

2. Skor Z

Skor Z merupakan nilai DMT yang menunjukkan berapa SD diatas atau dibawah DMT rata-rata kelompok umur yang sesuai (umur, gender, dan bangsa). Jadi, umur penderita dan umur kelompok referensi harus sesuai atau disebut juga DMT rata-rata pada umur yang sesuai (Wahner & Folgemal, 1994; Kanis et al, 1996 dalam Irga, 2009). Skor Z adalah skor yang digunakan untuk memperkirakan risiko *fraktur* di masa yang akan datang, sehingga dapat diambil tindakan pencegahan (Baziad,

2003). Skor Z tidak digunakan untuk memperkuat diagnosis osteoporosis pada wanita pascamenopause atau pria ≥ 50 tahun (Zaviera, 2008).

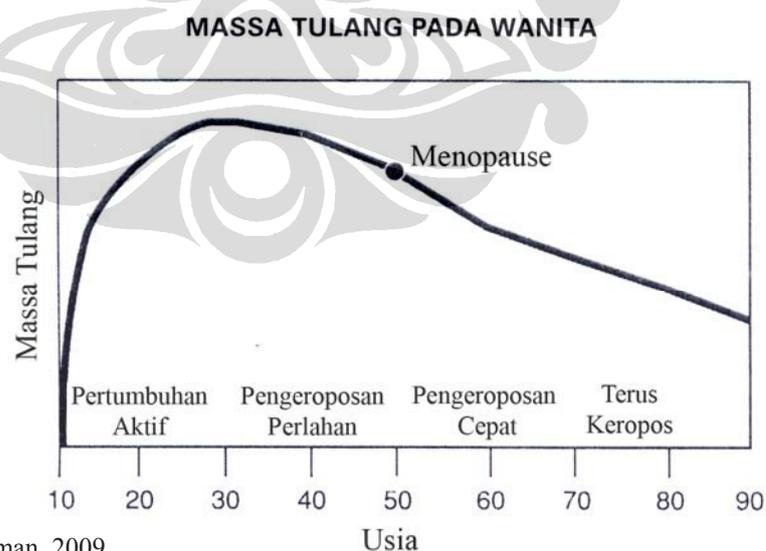
Untuk setiap pengurangan dalam skor Z, risiko *fraktur* meningkat kira-kira dua kali lipat. Artinya, apabila nilai Z seorang -1, risiko *fraktur* kira-kira dua kali lipat dari orang-orang seusianya dengan jenis kelamin yang sama (Cosman, 2009).

Tabel 2.1. Kriteria Skor T Menurut WHO

Skor T: Kriteria WHO untuk Kejadian Osteoporosis pada Wanita	
Normal	Skor T > -1.0 SD dibawah rentang yang direkomendasikan untuk dewasa muda
Massa Tulang Rendah (Osteopenia)	Skor T -1.0 s/d -2.5 SD dibawah rentang yang direkomendasikan untuk dewasa muda
Osteoporosis (belum <i>fraktur</i>)	Skor T < -2.5 SD dibawah rentang yang direkomendasikan untuk dewasa muda
Osteoporosis berat (telah <i>fraktur</i>)	Skor T < -2.5 SD dibawah rentang yang direkomendasikan untuk dewasa muda dan pasien yang memiliki satu atau lebih <i>fraktur</i> tulang (<i>fracture</i>)

Sumber: WHO, 1994

Grafik 2.1. Penurunan DMT Pada Wanita



Sumber: Cosman, 2009

Pada beberapa tes DMT, perbedaan 1 SD dalam skor T sama dengan penurunan 10-15% kepadatan tulang, misalnya orang yang memiliki skor T -2,5 memiliki 10-15% penurunan DMT dibandingkan orang dengan skor T -1,5.

2.2.1. Klasifikasi DMT

a. Normal

Kondisi tulang yang normal yaitu apabila kalsium yang terdapat dalam tulang normal atau skor T >-1 SD rata-rata DMT dewasa muda.

b. Osteopenia

Osteopenia merupakan tanda akan terjadinya osteoporosis, dimana kepadatan tulang mulai berkurang atau skor T diantara -1,0 s.d. -2,5 SD rata-rata dewasa muda. Selain itu, osteopenia juga dapat diartikan penurunan kepadatan tulang hingga 5-16% dibawah rata-rata DMT normal. Wanita paling rawan menderita rapuh/keropos tulang (1:3). Peluang laki-laki menderita rapuh tulang amat kecil, yaitu 1:20.

Osteopenia merupakan kondisi kepadatan tulang yang kurang atau hilangnya massa tulang. Kondisi tersebut dipicu oleh kurangnya konsumsi kalsium, kurang gerak, dan terkena sinar matahari; kebiasaan mengonsumsi minuman berkafein; serta penggunaan obat-obatan yang mengandung kortikosteroid (Hasye, 2008).

c. Osteoporosis

Osteoporosis merupakan kondisi dimana kepadatan tulang mulai berkurang (tulang keropos) atau skor T $<-2,5$ SD dibawah rata-rata DMT dewasa muda (WHO, 1994). Osteoporosis merupakan suatu penyakit tulang yang menyebabkan berkurangnya jumlah jaringan tulang dan tidak normalnya struktur atau bentuk mikroskopis tulang. Kuantitas dan kualitas tulang yang tidak normal membuat tulang tersebut lemah dan mudah patah, bahkan ketika mengalami trauma ringan. Osteoporosis disebut dengan *silent disease* atau penyakit yang tidak menimbulkan gejala-gejala, tetapi hanya akibat-akibat seperti patah tulang dan rasa sakit kronis yang menyertainya, kelainan bentuk, dan kelumpuhan (Cosman, 2009).

Berdasarkan penyebabnya, osteoporosis dibagi menjadi dua yaitu osteoporosis primer dan sekunder. Osteoporosis primer berkaitan dengan kekurangan hormon dan penuaan, sedangkan osteoporosis sekunder berkaitan dengan berbagai kondisi klinis atau penyakit lain (Gusnita, 2006).

Orang yang berisiko terkena osteoporosis diantaranya yaitu wanita usia diatas 50 tahun, kurus, menopause dini (< 45 tahun), gaya hidup tidak aktif, asupan tembakau atau alkohol, riwayat osteoporosis atau *fraktur* keluarga, riwayat *fraktur* pribadi, rendahnya asupan kalsium dan vitamin D, kurang terpapar sinar matahari, kondisi medis seperti *diabetes mellitus* dan penggunaan steroid (Hindu, 2003).

Menurut *International Osteoporosis Foundation* (2009), faktor risiko osteoporosis dibagi menjadi dua, yaitu faktor yang tetap atau tidak dapat diubah (umur, jenis kelamin wanita, riwayat keluarga, riwayat *fraktur* tulang, ras, menopause, terapi glukokortikoid jangka panjang, rematik arthritis, *hypogonadism* primer/sekunder pada pria) dan faktor yang dapat diubah (alkohol, merokok, rendahnya IMT, kurang gizi, kurang asupan vitamin D, *eating disorders*, kurang olahraga, rendahnya asupan kalsium, sering jatuh).

Penyakit osteoporosis bersifat multifaktor sehingga penanganannya pun sangat kompleks. Terapi difokuskan tidak hanya untuk menghambat resorpsi tulang, tetapi juga untuk mengurangi risiko terjatuh (Zaviera, 2008).

Dari hasil penelitian para ahli, 80% osteoporosis terjadi pada wanita dibanding pria atau dengan perbandingan kejadian 6:1. Wanita yang terkena pun bisa tua atau muda (wanita muda yang mengalami penghentian siklus menstruasi (*amenorrhea*)). Hal ini terjadi karena wanita mengalami hilangnya masa tulang puncak lebih rendah dibandingkan pria (Zaviera, 2008).

d. Fraktur

Kejadian ini dilihat apabila nilai skor T < -2.5 SD dibawah rata-rata DMT dewasa muda dan pasien yang memiliki satu atau lebih *fraktur* (patah tulang). Pada seseorang yang mengalami *fraktur*, diagnosis osteoporosis ditegakkan berdasarkan gejala, pemeriksaan fisik, dan rontgen tulang. Pemeriksaan lebih lanjut mungkin diperlukan untuk menyingkirkan keadaan lainnya yang bisa diatasi, yang bisa menyebabkan osteoporosis (Zaviera, 2008).

Banyak faktor yang mempengaruhi *fraktur*. Berat badan merupakan faktor kuat dalam massa tulang. Kondisi tubuh yang kurus, merokok, kondisi tubuh yang tidak sehat, riwayat jatuh, hiperparatiroid, penggunaan *anticonvulsants*, dan *fraktur* usia > 50 tahun dapat meningkatkan risiko *fraktur* (Hughes, 2001).

Orang yang mengalami *fraktur* berisiko dua kali lebih besar untuk tiap SD dibawah rentang yang direkomendasikan untuk dewasa muda. Jadi, berkurangnya DMT 1 SD, maka kemungkinan risiko *fraktur* menjadi dua kali lipat. Jika skor T -2 SD, maka orang tersebut memiliki risiko empat kali lebih besar terkena *fraktur* (NN B, 1999). Risiko *fraktur* meningkat pada wanita usia > 45 tahun, sedangkan pada laki-laki *fraktur* meningkat pada usia >75 tahun (Baziad, 2003).

Fraktur yang menyebabkan kesengsaraan pada penderita osteoporosis adalah *fraktur* pinggul. Patah ini terjadi di puncak tulang paha (*femur*). Risiko meninggal setahun setelah mengalami *fraktur* pinggul sebesar 15-20% lebih tinggi daripada populasi normal dengan usia sama yang tidak mengalami *fraktur* pinggul. Selain itu, hal ini dapat menjadi salah satu penyebab orang yang sehat menjadi cacat (Cosman, 2009).

2.2.2. Cara Mengukur DMT

Alat untuk mengukur DMT disebut dengan *bone densitometry*. Alat ini dipergunakan untuk mendeteksi apakah seseorang terkena osteoporosis atau tidak dan juga dapat memperkirakan adanya *fraktur*. Metode DMT meliputi:

1. DEXA (*Dual Energy X-Ray Absorptiometry*)

Metode ini mengukur massa tulang di pinggul, pergelangan tangan, tulang belakang, atau seluruh rangka dan sering disebut scan tulang. Nilai massa tulang yang didapat dari pengukuran ini disebut kerapatan mineral tulang (*BMD=Bone Mineral Density*). Walaupun pengukuran menggunakan sinar-X, namun tingkat radiasinya sangat kecil (New, 2003).

Setiap kepadatan tulang yang diamati dibandingkan dengan kesehatan atau kenormalan tulang orang muda yang sehat atau dengan perbandingan data tingkat usia (Zaviera, 2008).

2. *Single Energy X-Ray Absorptiometry (SXA)* dan *Single Photon Absorptiometry (SPA)*

Alat ini digunakan untuk mengukur densitas tulang pada sisi atau bagian perifer, misalnya tumit atau pergelangan tangan. Alat ini memakai sumber photon dan pancaran photon yang akan menembus sejumlah jaringan mineral tulang yang akan dihitung (DMT).

3. *Quantitative Ultrasound (QUS)*

Pengukuran DMT dengan gelombang ultrasonik yaitu metode *QUS* termasuk *Broadband Ultrasound Attenuation (BUA)* atau *Ultrasound Velocity (UV)*, biasa digunakan untuk mengukur tulang tumit (*tulang kalkaneus*) dan jari (± 1 menit). Cara ini tidak menggunakan radiasi dan dapat memberikan informasi mengenai massa tulang dan menilai organisasi struktur tulang.

Pengukuran dengan *QUS* memiliki kelemahan dalam analisis (kepekaan) karena yang diukur adalah bagian tumit karena perubahan kepadatan pada tulang tumit lebih lambat dibandingkan tulang belakang atau pinggul. Jadi, dapat saja terjadi kasus kepadatan tulang tumitnya normal, namun bagian pusat seperti tulang belakang atau pinggul tidak normal (Zaviera, 2008).

4. *Quantitative Computed Tomography (QCT)*

Dipakai untuk mengukur DMT baik pada tulang tangan, pinggul, maupun tulang belakang. Keuntungan utama metode ini dalam mengukur DMT *kortikal* dan *trabekular*, menunjukkan DMT secara volumetrik murni (tiga dimensi) (Irga, 2009).

Karakteristik terpenting yang menjadikan suatu alat ukur sebagai pilihan untuk menegakkan diagnosis adalah akurasi dari alat tersebut. DXA memiliki akurasi 3-6%, hal ini sedikit lebih tinggi pada akurasi dari QCT dan pQCT yaitu 8-15%. Selain itu, presisi (pemeriksaan tulang) merupakan variabel penting untuk memonitor hasil terapi suatu penyakit. DXA memiliki presisi 1-3%.

Studi kohort dari NORA, pada 200.000 wanita di Amerika Serikat, variasi pengukuran menunjukkan hubungan yang signifikan antara DMT dengan menggunakan SXA dan DXA terhadap risiko terjadinya *fraktur* (Zaviera, 2008).

2.2.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi DMT

2.2.3.1. Faktor Individu

a. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Keseimbangan energi dicapai bila energi yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan sama dengan energi yang dikeluarkan. Keadaan ini akan menghasilkan BB ideal atau normal. Cara untuk mengetahuinya dapat dilakukan dengan menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT).

$$\text{IMT} = \frac{\text{Badan (BB dalam kg)}}{\text{Tinggi Badan}^2 \text{ (TB dalam m)}}$$

IMT yang dihubungkan dengan risiko paling rendah terhadap kesehatan adalah antara 22 dan 25. Berat badan lebih adalah apabila IMT antara 25 dan 30, sedangkan obesitas bila IMT lebih besar dari 30. Hubungan IMT dengan risiko terhadap penyakit dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.2. Hubungan IMT dengan Risiko Terhadap Penyakit

IMT	Risiko terhadap penyakit
20-25	Sangat rendah
25-30	Rendah
30-35	Sedang
35-40	Tinggi
> 40	Sangat tinggi

Sumber: Whitney, E.N. dan S.R. Rofles, *Understanding Nutrition*, 1993 dalam Almatier, 2003

Tabel 2.3. Batas Ambang IMT untuk Indonesia

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

Sumber: Depkes (2002)

Berdasarkan penelitian pada pasien perempuan yang menderita osteoporosis primer, sebanyak 84,6% yang memiliki IMT < 25 dan selebihnya memiliki IMT ≥ 25. Penelitian Nuryasini (2001) menyatakan bahwa semakin tinggi IMT, risiko terhadap osteoporosis primer semakin rendah. Hal ini terjadi

karena IMT menunjukkan efek protektif terhadap osteoporosis primer. Menurut Irga (2009), wanita kurus dengan tulang yang kecil merupakan salah satu faktor risiko terjadinya osteoporosis.

Massa tulang akan lebih besar pada orang yang berbadan besar dibandingkan orang yang berbadan kurus dan kecil (Compston, 2002). Kondisi ini disebabkan karena tulang akan giat membentuk sel apabila ditekan oleh bobot yang berat. Posisi tulang menyangga bobot, maka tulang akan terangsang untuk membentuk massa pada area tersebut, terutama pada daerah pinggul dan panggul. Jika bobot tubuh ringan, maka massa tulang cenderung kurang terbentuk sempurna (Zaviera, 2008).

Indeks massa tubuh terkait dengan Berat Badan (BB). Menurut Markus R dalam Halimah (2007), menyatakan bahwa BB yang kurang mengakibatkan kurangnya beban mekanik yang dapat merangsang meningkatnya DMT melalui gaya gravitasi, sedangkan berat badan yang lebih (obesitas) akan lebih meningkatkan DMT. Peneliti lain juga menyatakan bahwa obesitas menunjukkan efek protektif pada tulang.

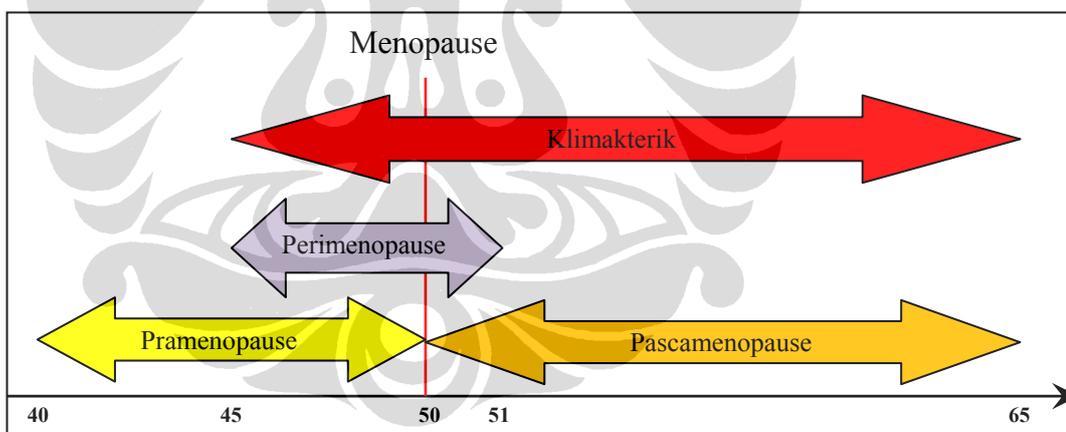
Lemak pada perempuan yang kelebihan BB (obesitas) menempatkan tekanan yang besar pada tulang dan merangsang pembentukan tulang baru. Perempuan gemuk mempunyai jaringan lemak (*adiposa*) yang menyimpan hormon androgen yang kemudian diubah menjadi estrogen. Makin banyak jaringan lemak yang dimiliki perempuan, makin banyak hormon estrogen yang dapat diproduksi. Oleh karena itu, lemak dapat mengurangi risiko berkembangnya osteoporosis pada perempuan (Lane, 2003).

Pada penelitian mengenai prevalensi osteoporosis lansia suku Jawa menyatakan BB berhubungan dengan osteoporosis. Makin tinggi BB lansia perempuan dan laki-laki, makin tinggi DMT-nya. Massa lemak yang tinggi dalam BB merupakan prediktor massa tulang karena meningkatkan tekanan mekanis melalui otot seperti stimulasi kegiatan osteoblas pada skeleton yang akan meningkatkan rangsangan osteogenesis (Fatmah, 2008).

b. Status Menopause

Menopause adalah saat seorang wanita berhenti mendapatkan haid, biasanya terjadi pada sekitar usia 50 tahun, namun diatas 45 tahun dapat dianggap normal. Menopause yang terjadi sebelum usia ini, baik secara alami maupun akibat pengangkatan indung telur, radiasi, atau pengobatan kanker dianggap terlalu dini. Wanita yang mengalami menopause dini atau yang mengalami defisiensi estrogen akibat sebab lain, seperti penyakit jantung, memiliki risiko lebih tinggi memiliki DMT yang rendah/osteoporosis (Compston, 2002).

Menopause merupakan kejadian sesaat dimana pendarahan haid terakhir terjadi. Istilah yang lebih tepat digunakan adalah klimakterik, yaitu fase peralihan antara pramenopause dan pascamenopause. Disebut pascamenopause bila telah mengalami menopause 12 bulan sampai menuju ke selenium. Selenium adalah pascamenopause lanjut, yaitu setelah usia 65 tahun. Bila ovarium tidak berfungsi lagi pada usia < 40 tahun disebut klimakterium prekoks (Baziad, 2003).



Gambar 2.2. Fase Klimakterium
Sumber: Baziad (2003)

Pada saat memasuki masa klimakterium, keseimbangan antara osteoklas dan osteoblas mulai mengalami gangguan, fungsi osteoblas menurun, dan pembentukan tulang pun berkurang, sedangkan osteoklas menjadi hiperaktif dan terjadi penggantian tulang berlangsung sangat cepat (*high turnover*). Penurunan fungsi osteoblas ini dikarenakan oleh estrogen yang berfungsi sebagai penjaga mineral dalam proses pembentukan tulang kembali, penurunan efek demineralisasi

hormon paratiroid, dan penghambat resorpsi tulang yang berlebihan, tidak ada. Akibatnya adalah terjadi pengeroposan tulang (Baziad, 2003).

Wanita kehilangan lebih banyak tulang dibandingkan laki-laki karena selama menopause laju berkurangnya tulang meningkat selama beberapa tahun. Bila sejak semula tulangnya lebih sedikit, laju pengurangan yang meningkat selama menopause dan usia yang lebih panjang, maka wanita tersebut lebih berisiko menderita osteoporosis. Defisiensi estrogen merupakan faktor utama berkurangnya massa tulang pada wanita. Jadi, risiko terkena osteoporosis tergantung massa tulang ketika muda dan laju pengurangan massa tulang ketika usia bertambah (Compston, 2002).

Perempuan sebelum menopause kehilangan massa tulang kurang dari 1% per tahun. Pada 1-10 tahun pascamenopause, perempuan akan kehilangan massa tulang sebanyak 2-6 kali lebih tinggi dari perempuan pramenopause yaitu sebanyak 2-3% per tahun pada tulang *kortikal* dan 5% per tahun pada tulang *trabekular*. Hal ini disebabkan meningkatnya aktivitas osteoklas. Sepuluh tahun pascamenopause, secara perlahan kehilangan massa tulang akan kembali menjadi 1-2% setiap tahunnya, tetapi sesuai dengan bertambahnya usia, angka ini akan semakin meningkat (Krall dan Hughes, 1998).

Pada saat menopause dan pascamenopause, produksi hormon estrogen menurun, mengakibatkan kehilangan bahan-bahan tulang sehingga dapat terjadi penurunan DMT. Penurunan ini merupakan faktor terjadinya *bone loss*. Dimana ratio *bone loss* terjadi 0,5-3% per tahun setelah usia 50 tahun (Zaviera, 2008).

Berdasarkan penelitian di Australia, menunjukkan hasil bahwa durasi terpaparnya estrogen (tahun ketika menstruasi ditambah penggunaan terapi hormon estrogen pascamenopause) berhubungan dengan peningkatan DMT, dimana peningkatan DMT sebesar 2-3% setiap 10 tahun terjadi pada wanita pascamenopause yang masih terpapar estrogen. Demikian juga pada wanita yang menstruasi > 40 tahun memiliki DMT yang lebih tinggi (6-8%) dibandingkan wanita yang menstruasi < 30 tahun. Selain itu, lamanya menstruasi juga berhubungan dengan rendahnya kejadian *fraktur* (Nguyen, 1995).

Berdasarkan penelitian pada perempuan usia 45-55 tahun, terdapat hubungan yang bermakna antara status menopause dengan DMT (Nurrika, 2002).

Menurut Tsania (2008), terdapat hubungan yang bermakna antara status menopause dengan kejadian osteoporosis, dimana persentase osteoporosis lebih tinggi pada responden yang sudah menopause, dibandingkan dengan responden yang belum menopause.

c. Riwayat Osteoporosis Keluarga

Kondisi DMT yang tidak normal merupakan bagian dari penuaan, namun tidak semua orang terserang. Besarnya massa tulang tertinggi sangat ditentukan oleh gen, namun semakin lanjut usia peranan faktor lain semakin besar dan mungkin menentukan timbulnya osteoporosis. Wanita yang memiliki ibu yang pernah mengalami *fraktur* tulang pinggang dalam usia tua berisiko dua kali lebih besar menderita *fraktur* yang sama (Compston, 2002).

Faktor genetik berperan penting dalam penentuan massa tulang puncak. Kecenderungan memiliki DMT tidak normal dapat diturunkan dari keluarga ibu atau ayah, seperti yang ditunjukkan oleh studi DMT ibu dan anak perempuan serta ayah dan anak perempuan. Penemuan lain yang menegaskan kuatnya faktor genetik terhadap DMT adalah hasil pengukuran DMT kembar identik yang jauh lebih mirip dibandingkan saudara kandungnya (Cosman, 2009). Apabila terdapat salah satu anggota keluarga yang memiliki DMT tidak normal, maka kemungkinan terjadinya osteoporosis pada keturunannya adalah 80%. Hal ini terjadi karena osteoporosis menyerang penderita dengan karakteristik tulang tertentu, seperti kesamaan perawakan dan bentuk tulang tubuh (struktur genetik tulang yang sama).

Para ahli berpendapat bahwa faktor genetik berperan 60-80% terhadap massa tulang, sedangkan faktor lingkungan berpengaruh 20-40% (Zaviera, 2008). Menurut dr. Soetomo (dokter RSUD Surabaya), faktor genetik memiliki kemungkinan berpengaruh terhadap rendahnya DMT. Mereka yang mempunyai keluarga dengan riwayat osteoporosis memiliki risiko lebih besar untuk mengalami osteoporosis. Hal ini dikaitkan dengan pola konsumsi produk-produk susu dan olahannya (sumber kalsium) ketika masih kanak-kanak. Menurut dr. Soebagijo, kepadatan tulang orang-orang yang biasa minum susu atau produk olahannya sejak kecil, tentu berbeda dengan mereka yang tidak biasa

mengonsumsinya, dimana mereka yang terbiasa mengonsumsi produk susu sejak kecil cenderung mempunyai kepadatan tulang lebih bagus (NN C, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian Tsania (2008) menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang bermakna antara riwayat osteoporosis keluarga dengan kondisi densitas mineral tulang yang tidak normal.

d. Paritas

Berdasarkan penelitian Nguyen (1995) dikatakan bahwa faktor reproduksi seperti paritas, menyusui, dan menstruasi berhubungan dengan rendahnya kadar kalsium tulang. Keadaan hamil dan menyusui telah sangat menyedot persediaan bahan-bahan tulang untuk janin dan bayi. Oleh karena itu, paritas merupakan faktor yang berpengaruh pada DMT.

Paritas merupakan faktor yang berhubungan dengan kejadian *fraktur* dan DMT pada tulang *femur*. Rendahnya paritas dan lamanya keterpaparan estrogen (menstruasi atau penggunaan terapi hormon estrogen pada wanita pascamenopause) memiliki efek protektif terhadap DMT dan berhubungan dengan penurunan kejadian *fraktur* traumatis (Nguyen, 1995).

Menurut Sipahutar (2003), semakin tinggi paritas maka semakin tinggi proporsi yang terkena osteoporosis., dimana pada wanita dengan 1-2 paritas, yang terkena osteoporosis sebesar 52,6% dan angka tersebut semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah paritas pada wanita pascamenopause. Namun, perbedaan proporsi ini tidak bermakna secara statistik.

2.2.3.2. Gaya Hidup

a. Aktivitas Olahraga

Olahraga baik bagi tulang maupun aspek kesehatan lain. Tidak bergerak sama sekali mempercepat penurunan massa tulang, sementara olahraga menahan beban tubuh bisa meningkatkan massa tulang. Pada orang dewasa, olahraga dapat memperlambat penurunan massa tulang akibat usia serta meningkatkan kesehatan secara umum, sehingga mengurangi risiko terjatuh. Olahraga membantu memperkuat tulang (Wardlaw, 2002)

Penelitian Compston (2002) menunjukkan bahwa melompat-lompat atau main lompat tali bisa meningkatkan massa tulang pinggul wanita, sementara berjalan cepat sekitar 30 menit yang dilakukan tiga atau empat kali seminggu bisa mengurangi penurunan massa tulang belakang dan tulang pinggul pada wanita lansia. Olahraga beban yang teratur akan mengurangi faktor risiko osteoporosis (Irga, 2009).

Beberapa penelitian di Program Studi Ilmu Kedokteran Olahraga FKUI mengambil fokus DMT, yang sangat erat kaitannya dengan upaya mencegah maupun mengobati kekeroposan tulang. Hasil dari penelitian tersebut diantaranya terdapat peningkatan DMT pada wanita usia reproduktif yang melakukan olahraga dengan pembebanan secara teratur seperti senam aerobik (Tanya Rotikan, 1996). Selain itu, terdapat peningkatan DMT pada wanita pascamenopause dengan terapi hormonal pengganti (HRT) yang melakukan olahraga teratur selama 6 bulan. Pada wanita pascamenopause yang tidak berolahraga, tidak terjadi perubahan DMT sekalipun mendapat HRT (Ariani, 1998, dalam Sudarsono, 2004).

Terdapat indikasi kuat bahwa senam pencegahan osteoporosis dapat meningkatkan kepadatan mineral tulang terutama di tulang *ulna* (lengan bawah), yang merupakan bagian tulang yang seringkali lebih cepat mengalami kekeroposan (Susetyo Soewarno, 2002 dalam Sudarsono, 2004).

Wanita yang malas bergerak atau berolahraga akan terhambat proses osteoblasnya. Selain itu, kepadatan massa tulang akan berkurang. Semakin banyak bergerak dan olahraga, maka otot akan memacu tulang untuk membentuk massa (Zaviera, 2008). Menurut dr. Sadoso, olahraga mampu meningkatkan DMT atau mengurangi hilangnya jaringan tulang pada kaum muda, pramenopause, dan pascamenopause. Berbagai penelitian menunjukkan, puncak massa tulang anak-anak sampai dewasa yang aktif berolahraga lebih tinggi daripada yang jarang berolahraga (Zaviera, 2008).

Berdasarkan penelitian Nurdianaturrahma, terdapat hubungan yang bermakna antara aktivitas olahraga dengan tingkat kepadatan mineral tulang (Rahayu, 2005). Menurut Permatasari (2008), terdapat hubungan yang bermakna antara aktivitas olahraga dengan osteoporosis, dimana proporsi subjek yang tidak berolahraga lebih besar daripada proporsi pada kontrol.

b. Status Merokok

Merokok dan minum minuman beralkohol sangat merugikan dalam kaitannya dengan osteoporosis. Penelitian menunjukkan bahwa merokok mempercepat kehilangan tulang serta turut andil atas berkurangnya kemampuan penyerapan kalsium (Nasir, 2008).

Perokok sangat rentan terkena DMT tidak normal karena zat nikotin yang terdapat di dalamnya dapat mempercepat penyerapan tulang. Selain penyerapan tulang, nikotin juga membuat kadar dan aktivitas hormon estrogen dalam tubuh berkurang sehingga susunan-susunan sel tulang tidak kuat dalam menghadapi proses pelapukan. Disamping itu, rokok juga menimbulkan hipertensi, PJK, dan tersumbatnya aliran darah ke seluruh tubuh. Apabila darah tersumbat, maka proses pembentukan tulang sulit terjadi. Jadi, nikotin dapat menyebabkan rendahnya DMT baik secara langsung maupun tidak langsung. Efek rokok pada tulang mulai terasa setelah usia 35 tahun, karena proses pembentukan tulang pada umur tersebut mulai terhenti (Zaviera, 2008).

Lane (2001) memaparkan bahwa merokok dapat meracuni tulang dan juga menurunkan kadar estrogen sehingga kadar estrogen seorang perokok lebih rendah dari yang tidak merokok. Wanita perokok mengalami menopause lebih awal dan mempunyai kadar estrogen lebih rendah daripada bukan perokok. Rokok juga dipercaya berpengaruh buruk pada sel pembentuk tulang (osteoblas). Karena itu, wanita perokok berisiko lebih tinggi mengalami DMT tidak normal (Compston, 2002).

Suatu studi analisis dari 48 penelitian memperlihatkan bahwa semakin banyak seorang wanita merokok, semakin tinggi risikonya untuk faktor (Zaviera, 2008). Perokok baik laki-laki maupun perempuan memiliki risiko *fraktur* tulang satu hingga dua kali lebih besar daripada bukan perokok (Permatasari, 2008). Bukti nyata efek merokok dalam penurunan DMT yaitu satu diantara delapan kejadian *fraktur* tulang pinggul terjadi akibat merokok. Perokok kehilangan tulang lebih cepat dibandingkan yang tidak merokok (Law, 1997).

Berdasarkan hasil penelitian Tsania (2003) menunjukkan bahwa adanya hubungan yang bermakna antara kebiasaan merokok dengan rendahnya DMT, dimana persentase kejadian osteoporosis lebih tinggi pada responden yang

merokok dan mempunyai riwayat merokok, dibandingkan dengan responden yang tidak merokok.

2.2.3.3. Asupan

a. Kalsium

Zat kapur, kalk atau kalsium adalah mineral terbanyak dalam tubuh. Dalam tubuh dewasa terdapat sekitar 1200 g (300 mmol) kalsium, dimana sebanyak 99% berada dalam tulang (*skeleton*) dan gigi, 1% terdapat dalam darah, cairan ekstra sel, otot, dan jaringan lain (Tee, 2005). Kalsium yang diserap dari makanan hanya sebesar 25%. Pada wanita pascamenopause, penyerapan kalsium sangat kurang, kecuali mereka mendapat suplementasi hormon estrogen (Wardlaw, 2002).

Diperkirakan 80-90% kandungan mineral tulang terdiri dari kalsium dan fosfor sehingga diyakini kalsium memegang peranan penting dalam terjadinya osteoporosis. Kalsium yang beredar dalam darah menjadi patokan keseimbangan kadar kalsium di seluruh tubuh. Keseimbangan dan kestabilan kadar kalsium darah ditentukan oleh hormon paratiroid. Apabila kadar kalsium dalam darah normal, maka proses mineralisasi dan demineralisasi berlangsung seimbang (Zaviera, 2008).

The National Osteoporosis Society (1999) merekomendasikan peningkatan asupan kalsium pada orang yang berisiko terkena osteoporosis. Mereka merekomendasikan 1000 mg kalsium per hari untuk wanita yang berusia diatas 45 tahun dan mendapat terapi hormon pengganti, 1500 mg kalsium per hari untuk wanita yang berusia diatas 45 tahun dan pria yang berusia diatas 60 tahun (Barker, 2002). Suplemen sebaiknya diberikan dalam dosis terbagi (3x sehari) supaya penyerapan oleh usus lebih optimal (Compston, 2002). Berdasarkan SI, kalsium yang seharusnya dikonsumsi orang dewasa yaitu 1000-1200 mg/hari.

Tingginya asupan kalsium tidak bersifat toksik pada individu yang sehat karena mekanisme homeostatis tubuh mengontrol kandungan yang diserap melalui makanan dan yang diekskresikan lewat urin. Namun, *The Committee on Medical Aspect of Food Policy (COMA)* mengemukakan dosis peningkatan

asupan kalsium pada orang yang berisiko terkena osteoporosis harus dilakukan dengan hati-hati (Barker, 2002).

Tabel 2.4. AKG Kalsium di Indonesia

Umur (tahun)	Pria (mg)	Wanita (mg)
10-18	1000	1000
19-29	800	800
30-49	800	800
50-64	800	800
> 65	800	800

Sumber: Depkes, 2005

Penyerapan optimal kalsium dalam tubuh dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu asupan, pengobatan, dan gaya hidup. Konsumsi fosfor, protein, serat, dan lemak pada komposisi yang tidak seimbang dengan kalsium cenderung akan bersifat antagonis dengan kalsium. Pola makan yang tinggi sodium juga dapat meningkatkan kehilangan kalsium dan mineral lainnya. Dimana setiap kelebihan 2 g asupan sodium akan menurunkan penyerapan kalsium sekitar 30-40 mg.

Pengobatan juga merupakan faktor yang mempengaruhi penyerapan kalsium. Sejumlah pengobatan seperti untuk penyakit asma, jantung, dan rematik diketahui dapat mempengaruhi penyerapan kalsium. Selain itu, faktor gaya hidup memiliki peranan penting dalam penyerapan kalsium tubuh. Gaya hidup yang tidak baik (merokok, minum alkohol, soda dan kafein) dan tidak aktif dapat mengganggu penyerapan kalsium tubuh, sehingga dapat mempercepat kehilangan kalsium dari tulang (Nasir, 2008).

Beberapa studi mengindikasikan bahwa asupan kalsium mempunyai peran dalam pencegahan *fraktur* karena kerapuhan tulang selama masa pertumbuhan. Namun, sebuah studi di *Palma de Mallorca, Spain*, membuktikan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara kejadian *fraktur* dan jumlah kalsium, dimana kejadian *fraktur* ditemukan di kota yang memiliki kandungan kalsium tinggi pada air mereka (282 mg/L), dibandingkan dengan yang kadar kalsiumnya rendah (86 mg/L) (New, 2003).

Nordin dan Heaney mengemukakan bahwa peningkatan kejadian osteoporosis dan hubungannya dengan kejadian *fraktur* pada wanita dewasa

berkaitan dengan kurangnya asupan kalsium. Namun, osteoporosis juga dapat terjadi karena berhentinya pertumbuhan tulang (*bone atrophy*) dan kehilangan beberapa komponen didalamnya, bukan hanya karena kalsium. Kehilangan massa tulang pada wanita pascamenopause dapat dicegah dengan penggantian atau penambahan hormon estrogen. Suplementasi kalsium tidak akan sukses tanpa adanya penambahan estrogen (Barker, 2002).

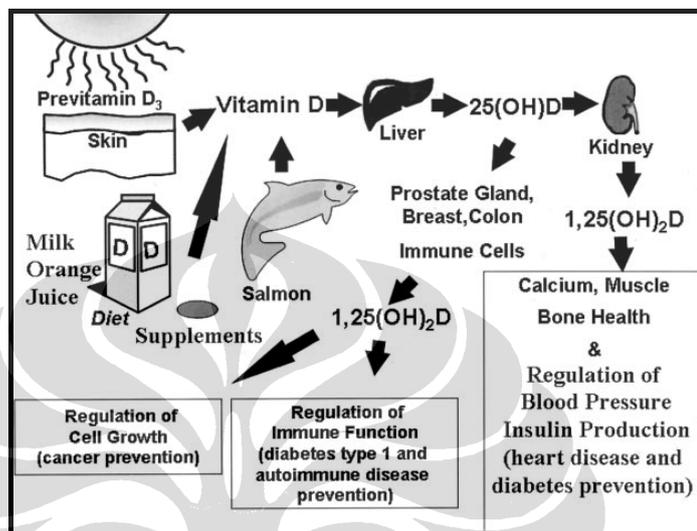
Konsumsi kalsium rendah disertai menurunnya kemampuan tubuh menyerap kalsium, yang umumnya terjadi pada lansia, dapat menyebabkan penurunan DMT. Rendahnya DMT juga dapat disebabkan oleh hilangnya kalsium yang dibuang melalui kulit, urin, dan tinja. Selain itu, jika kalsium tubuh kurang, maka tubuh akan mengeluarkan hormon paratiroid (PTH) yang akan mengambil kalsium dari bagian tubuh lain (Zaviera, 2008). Bronner, et al. (1963), menemukan bahwa pembentukan tulang (absorpsi kalsium) dan penghancuran tulang (resorpsi kalsium), berhubungan secara linear pada wanita dewasa dan wanita dengan skoliosis dan osteoporosis pascamenopause. Berdasarkan penelitian di Depok tahun 2005, terdapat hubungan yang bermakna antara asupan kalsium dengan tingkat kepadatan mineral tulang (Rahayu, 2005).

b. Vitamin D

Vitamin D sangat penting untuk kesehatan tulang, yaitu membantu pengerasan tulang dengan cara mengatur agar kalsium dan fosfor tersedia di dalam darah untuk diendapkan pada proses pengerasan tulang (Almatsier, 2002). Vitamin D meningkatkan penyerapan kalsium oleh usus sehingga cukup tersedia kalsium untuk tulang, yang mengandung 99% kalsium tubuh. Kemungkinan vitamin D juga berpengaruh langsung pada tulang dengan merangsang pembentukan sel-sel yang membentuk tulang. Terdapat dua bentuk vitamin D dengan efek yang sama atau serupa, yaitu vitamin D₃ (*cholecalciferol*) dan vitamin D₂ (*ergocalciferol*).

Kulit menghasilkan 7-dehidrokholesterol (7-DHC) yang diubah oleh UVB menjadi previtamin D₃ dan ketika terkena panas matahari diubah menjadi vitamin D, disebut juga vitamin D₃. Vitamin D yang berasal dari diet atau kulit dimetabolisme dalam hati menjadi 25(OH)D, yang kemudian masuk kedalam

ginjal dan diubah menjadi $1,25(\text{OH})_2\text{D}$. Banyak faktor, termasuk fosfor dan PTH, yang mengatur metabolisme kalsium ke jaringan-jaringan target, seperti usus dan tulang.



Gambar 2.3. Gambaran Skematis Vitamin D dalam Tubuh
Sumber: Holick, 2004

Menurut "The US Institute of Medicine" kecukupan asupan (*Adequate Intake*) vitamin D (tanpa sintetis dari sinar matahari) pada usia 0-50 tahun (termasuk hamil dan menyusui) yaitu $5 \mu\text{g}/\text{hari}$, usia 51-71 tahun yaitu $10 \mu\text{g}/\text{hari}$, dan > 70 tahun yaitu $15 \mu\text{g}/\text{hari}$. Selain itu, rekomendasi kecukupan vitamin D dengan kurangnya asupan dan terpapar sinar matahari, yaitu minimal $25 \mu\text{g}/\text{hari}$. Hal ini untuk menjaga konsentrasi serum $25(\text{OH})\text{D}$ dalam darah (Holick, 2004).

Tabel 2.5. AKG Vitamin D di Indonesia

Umur (tahun)	Pria (μg)	Wanita (μg)
10-18	5	5
19-29	5	5
30-49	5	5
50-64	10	10
> 65	15	15

Sumber: Depkes, 2005

Penelitian yang dilakukan pada wanita kelompok *Nurse's Health Study* yang mengonsumsi vitamin D > 12,5 µg memiliki risiko *fraktur* panggul 75% lebih rendah dibandingkan dengan kelompok yang mengonsumsi < 3,5µg per hari.

Pada orang yang cukup mengonsumsi vitamin D, rata-rata penyerapan kalsium di usus yaitu 30%. Pada saat pertumbuhan, laktasi, dan menyusui efektifitas penyerapan meningkat sampai 80%. Namun, tanpa vitamin D, maka penyerapan kalsium pada usus tidak lebih dari 10-15%. Defisiensi vitamin D pada orang dewasa dapat menyebabkan *hyperparathyroidism* sekunder (penebab osteoporosis) (Holick, 2004).

Pada orang yang mengalami defisiensi vitamin D, terdapat penurunan dalam absorpsi kalsium dalam usus. Konsentrasi ion kalsium menjadi turun, diketahui dari sensor kalsium dalam kelenjar paratiroid, dimana terjadi peningkatan produksi hormon paratiroid. Hormon paratiroid ini berfungsi untuk mengimbangi penurunan absorpsi kalsium dalam usus dengan cara meningkatkan mobilisasi kalsium yang tersimpan dalam tulang dan meningkatkan reabsorpsi kalsium pada ginjal (Holick, 2004).

Apabila asupan diet sehari-hari kurang mengandung kalsium, vitamin D, atau protein, maka akan terjadi peningkatan hormon paratiroid dan 1,25(OH)₂D yang berakibat demineralisasi (penyerapan kalsium dari usus dan tulang). Bila hal ini berlangsung terus, maka terjadi penurunan DMT (Zaviera, 2008).

Status vitamin D yang rendah banyak terjadi pada lansia yang kurang terkena sinar matahari dan vitamin D plasma yang rendah, dihubungkan dengan peningkatan risiko *fraktur* pinggul. Suatu penelitian di Boston menunjukkan bahwa keragaman kepadatan tulang terkait dengan perubahan musim, yang dihubungkan dengan pemaparan dengan sinar matahari dan status vitamin D.

Sebuah penelitian pada wanita di Perancis menunjukkan bahwa suplemen vitamin D dan kalsium bisa menurunkan risiko *fraktur* pinggul. Dalam bentuk tablet, dosis yang dianjurkan adalah 800 IU per hari, yang bisa diberikan dengan atau tanpa suplemen kalsium (Compston, 2002).

c. Vitamin C

Vitamin C berfungsi untuk membantu untuk pembentukan tulang, dimana dapat membantu absorpsi kalsium dengan menjaga agar kalsium berada dalam bentuk larutan, dan membantu pertumbuhan osteoblas. Fungsi vitamin C yang lain yaitu berperan dalam berbagai reaksi hidrolisis yang dibutuhkan untuk sintesis kolagen, karnitin dan serotonin. Kolagen merupakan senyawa protein yang mempengaruhi integritas struktur sel di semua jaringan ikat, seperti pada tulang rawan dan matriks tulang. Jadi, vitamin C dapat membantu pembentukan tulang dan berperan dalam terjadinya *fraktur* (Almatsier, 2002 dan Wolf, 2005). Asupan vitamin C (antioksidan) berpengaruh terhadap DMT sebagai radikal bebas yang dapat mengurangi efek dari stress oksidatif yang kemungkinan berhubungan dengan *bone loss*, dengan mencegah resorpsi tulang (Wolf, 2005).

Tabel 2.6. AKG Vitamin C di Indonesia

Umur (tahun)	Pria (mg)	Wanita (mg)
16-18	90	75
19-29	90	75
30-49	90	75
50-64	90	75
> 65	90	75

Sumber: Depkes, 2005

Serum asam askorbat (vitamin C) pada pria berhubungan nyata dengan DMT. Pada wanita pascamenopause dengan sejarah merokok dan penggunaan estrogen, peningkatan 1 SD kadar serum asam askorbat dapat dihubungkan dengan penurunan prevalensi *fraktur* sebesar 45%. Akan tetapi, pada wanita dengan sejarah tidak merokok dan tidak menggunakan estrogen, kadar serum asam askorbat tidak tampak berhubungan dengan rendahnya DMT (NN B, 2009).

Penelitian Wolf (2005) pada *Women's Health Initiative* membuktikan adanya hubungan yang signifikan antara total asupan vitamin C dan penggunaan terapi hormon. Efek positif penggunaan terapi hormon terlihat pada DMT *femur* kelompok wanita dengan konsentrasi vitamin C yang tinggi. Pada kelompok dengan asupan vitamin C yang rendah, perbedaan rata-rata DMT antara kelompok yang masih dan tidak pernah/dahulu pernah mengonsumsi vitamin C adalah 0,27

g/cm² DMT. Sedangkan pada kelompok dengan asupan vitamin C yang tinggi, perbedaannya yaitu 0,42 g/cm². Interaksi ini juga berhubungan secara signifikan pada DMT tubuh, tulang belakang, dan pinggul.

Sebuah studi epidemiologi menemukan adanya hubungan diet, suplemen, dan asupan total (diet dan suplemen), atau konsentrasi serum vitamin C dengan DMT atau kejadian *fraktur* pada wanita pascamenopause. Studi Hall SL dan Greendale LA, menemukan adanya hubungan antara vitamin C dan DMT yang memiliki asupan kalsium 500 mg/hari dari diet atau suplemen (Wolf, 2005)

Simon dan Hudes menyatakan bahwa tidak ada asupan dalam diet maupun konsentrasi serum vitamin C yang berhubungan dengan DMT maupun kejadian *fraktur* pada wanita pascamenopause. Maggio et al, menemukan bahwa konsentrasi vitamin C lebih rendah pada kelompok wanita yang mengalami osteoporosis dibandingkan dengan kelompok dengan DMT normal (Wolf, 2005).

d. Protein

Protein memiliki beberapa efek yang bertentangan dengan keseimbangan kalsium. Hal ini mempengaruhi ekskresi kalsium pada urin. Wanita yang mengonsumsi diet tinggi protein memiliki peningkatan penyerapan kalsium dari usus, dan meningkatkan kelebihan kalsium tersebut dari ginjal (urin), dimana tingginya jumlah kalsium pada urin berasal dari peningkatan resorpsi tulang.

Peningkatan asupan protein secara signifikan berhubungan dengan total DMT pada kelompok yang mendapat suplementasi kalsium. Berdasarkan *The Framingham Cohort Study*, subjek yang memiliki asupan protein (total dan hewani) yang rendah, berisiko lebih tinggi kehilangan tulang *femur* dan tulang belakang dibandingkan dengan subjek yang mengonsumsi lebih banyak protein.

Tabel 2.7. AKG Protein di Indonesia

Umur (tahun)	Pria (g)	Wanita (g)
16-18	65	50
19-29	60	50
30-49	60	50
50-64	60	50
> 65	60	50

Sumber: Depkes, 2005

Berdasarkan penelitian J.E. Kerstetter, et al (1998 dan 2000), didapat hasil bahwa konsumsi protein kurang dari 0,9 g/kg BB per hari akan mengurangi penyerapan kalsium dari usus sehingga merangsang kenaikan hormon paratiroid dan $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ yang mengakibatkan demineralisasi tulang.

Konsumsi protein 1-1,5 g/kg BB sehari dapat menjaga keseimbangan metabolisme dan kadar kalsium dalam darah sehingga terjadi keseimbangan antara mineralisasi dengan demineralisasi tulang (Zaviera, 2008).

Munger dkk, melaporkan bahwa asupan protein total yang tinggi berhubungan dengan pengurangan kejadian *fraktur* pinggul pada wanita pascamenopause. Sebaliknya, penelitian Sellmeyer (2001) menyatakan bahwa asupan protein hewani dan nabati yang tinggi berhubungan dengan meningkatnya *bone loss* tulang *femur* dan meningkatkan risiko *fraktur* tulang pinggul pada wanita > 65 tahun. Pada penelitian Feschanich (1996), tingginya asupan protein hewani dan protein total juga berhubungan dengan meningkatnya risiko *fraktur* tulang lengan bawah pada wanita pascamenopause. Namun, Meyer dkk, mengatakan tidak adanya hubungan antara asupan protein dan risiko *fraktur* tulang pinggul pada wanita, tetapi diantara wanita dengan asupan kalsium yang sangat rendah (400 mg/ hari), asupan protein yang tinggi berhubungan dengan peningkatan risiko *fraktur* tulang pinggul (Hughes, 2002).

Sebuah penelitian di Tokyo (1998) membuktikan adanya hubungan yang signifikan antara pengeluaran kalsium pada urin dengan asupan protein. Ekskresi kalsium juga berhubungan positif dengan ekskresi urea pada urin. Selain itu, terdapat hubungan yang signifikan antara ekskresi kalsium dengan ekskresi sulfat pada urin. Penelitian ini membuktikan bahwa asupan protein yang berlebihan, khususnya yang kaya sulfur (mengandung asam amino), dalam diet sehari-hari dapat meningkatkan ekskresi kalsium pada urin (Itoh, 1998).

e. Serat

Serat adalah jenis karbohidrat yang tidak terlarut. Serat membantu memelihara kesehatan terutama sistem pencernaan dan mencegah atau mengontrol kejadian penyakit. Tingginya serat dalam makanan menimbulkan turunnya

absorpsi beberapa elemen mineral (Mg, Ca, Zn, dan Fe). Umumnya orang membutuhkan serat sebanyak \pm 27-40 g/hari. Menurut panduan *Food Guide Pyramide and Dietary Guidelines*, dosis intake serat yang dianjurkan adalah 20 g/hari. Dosis ini telah digunakan dalam beberapa studi epidemiologi mengenai diet serat dalam hubungannya dengan penyakit kronis (Dept. Gizi Kesmas, 2007). Menurut *Dietary Guidedlines for America*, kebutuhan serat per hari untuk orang dewasa adalah 25 g.

Serat dapat mengurangi absorpsi kalsium dari makanan. Berdasarkan penelitian O'Brien (1993), didapat hasil bahwa diet tinggi serat secara signifikan dapat menurunkan absorpsi kalsium dan menurunkan keseimbangan kalsium. Pada kelompok dengan asupan serat yang tinggi, secara signifikan memiliki pertumbuhan tulang, rasio resorpsi dan penyerapan kalsium pada tulang yang lebih rendah dibandingkan yang kelompok dengan asupan serat yang rendah. Hal ini dikarenakan serat secara signifikan dapat menurunkan kecepatan pertumbuhan, resorpsi, dan efisiensi absorpsi kalsium dalam usus.

Serat meningkatkan kehilangan kalsium dalam feses dan mengurangi keseimbangan kalsium. Efek ini mungkin terjadi karena kandungan *phytate* dalam serat yang tidak dapat larut, dan terdapatnya kalsium kompleks yang tidak dapat diserap sehingga mencegah absorpsi kalsium dalam usus. Mekanisme homeostatis terjadi dalam menurunkan kecepatan *turnover* tulang dan sirkulasi kalsium ke tulang, ketika ketersediaan kalsium terbatas.

Serat terdapat dalam sayuran dan buah-buahan. Sayuran, selain merupakan sumber serat, juga mengandung kalsium (contohnya bayam dan brokoli), tapi jumlahnya sedikit. Sayuran mengandung pengikat kalsium (asam oksalat) dan asam tumbuhan (*phytic acid*) yang menyulitkan penyerapan kalsium. Selain itu, usus hanya dapat menyerap 1/8 kalsium dari bayam (Zaviera, 2008).

f. Kopi

Kopi mengandung senyawa gizi (protein, asam amino, karbohidrat, lipid dan mineral) dan senyawa non-gizi (kafein dan asam klorogenat). Beberapa studi ilmiah mengenai batasan pengaruh kafein terhadap kesehatan dan fisiologi

memakai batasan 250 mg sampai 600 mg sebagai angka rata-rata konsumsi kafein yang aman per hari (Astawan, 2004).

Unsur utama kopi adalah kafein, konsumsi kafein lebih dari dua cangkir sehari seumur hidup berhubungan dengan rendahnya DMT wanita lansia. Dampak negatif kafein pada tulang lebih besar pada wanita yang tidak mengonsumsi susu (Zaviera, 2008).

Kafein dalam kopi merupakan komponen bioaktif yang dapat mengurangi densitas tulang dan meningkatkan risiko *fraktur* (Devine, 2007). Kafein dapat menyebabkan meningkatnya kehilangan kalsium dalam urin dengan waktu singkat (antara 1-3 jam). Suatu studi yang dilakukan terhadap perempuan pascamenopause menunjukkan adanya hubungan antara minum kopi sebanyak dua cangkir atau lebih setiap harinya dan tidak pernah minum susu, dengan rendahnya DMT. Selain itu, konsumsi kopi selalu berhubungan dengan tingginya risiko *fraktur* pada perempuan usia lanjut (Krall dan Hughes, 1998). Selain itu, konsumsi kafein atau minuman yang mengandung kafein seperti kopi, teh, dan cola secara berlebihan terbukti dapat meningkatkan pengeluaran kalsium melalui urin dan tinja.

Berdasarkan penelitian oleh DR. Robert Heany dan DR. Karen Rafferty dari *Creighton University Osteoporosis Research Center*, Nebraska, menemukan adanya hubungan antara minum minuman berkafein dengan kejadian keropos tulang. Hasil penelitiannya yaitu minum minuman berkafein seperti kopi lebih dari tiga cangkir perhari menyebabkan tubuh selalu ingin berkemih (kencing), sehingga menyebabkan kalsium banyak terbuang bersama urin dan kalsium itu berasal dari proses pembentukan tulang sehingga tulang mengalami keropos. Selain itu, kopi bersifat toksin (racun) yang menghambat proses pembentukan masa tulang (osteoblas) (Zaviera, 2008).

Terdapat penelitian yang mengemukakan bahwa asupan kafein berhubungan negatif dengan DMT pada wanita pascamenopause. Studi mengenai asupan kafein dan DMT diangkat di masyarakat, dimana asupan kafein terbesar berasal dari kopi (Hegarty, 2000).

Berdasarkan penelitian pada siswa SMA di Depok, terdapat hubungan yang bermakna antara frekuensi konsumsi teh, kopi, *soft drink* sebagai inhibitor absorpsi kalsium dengan tingkat kepadatan mineral tulang (Rahayu, 2005).

Berdasarkan penelitian Haris (1994) terhadap 205 orang perempuan sehat dan bukan perokok, menyatakan adanya hubungan yang bermakna antara tingginya asupan kafein dengan hilangnya massa tulang. Sedangkan hasil penelitian Lloyd (1997) yang dilakukan terhadap 138 orang perempuan menyebutkan tidak ada hubungan yang bermakna antara kafein dengan DMT (Nurrika, 2002).

g. Teh

Teh mengandung kafein, tetapi juga mengandung zat gizi lain, seperti *flavonoids*, yang dapat mempengaruhi massa tulang dengan cara yang berbeda (Hegarty, 2000). Kafein yang terdapat dalam teh hanya kurang dari setengah dibandingkan dalam kopi. Konsumsi teh yang tinggi yang mengandung komponen bioaktif yang menguntungkan dapat mengurangi kafein (Devine, 2007).

Phytochemical yang terdapat dalam teh memiliki peran yang penting. Teh merupakan sumber *flavonoids* dan *lignans* yang aktivitasnya mirip dengan estrogen yang sangat dibutuhkan dalam menjaga DMT, khususnya pada wanita yang memiliki konsentrasi estrogen yang rendah. Studi terbaru mengatakan bahwa *flavonoids* dalam teh hijau berhubungan dalam peningkatan DMT dengan menstimulasi fungsi osteoblas. Selain itu, beberapa *phytoestrogen* sintetik telah dibuktikan memiliki keuntungan dalam densitas tulang, tapi dengan mekanisme kerja yang berbeda dengan estrogen (Devine, 2007).

Menurut studi terbaru yang dilakukan di Inggris membuktikan bahwa kebiasaan minum teh secara teratur dapat mempertahankan keutuhan tulang dan mencegah terjadinya osteoporosis. Hasil penelitian tersebut melibatkan jumlah sampel wanita berusia 65 hingga 76 tahun sebanyak 1.200 orang di Cambridge, Inggris dan dapat disimpulkan bahwa wanita yang mengkonsumsi teh ternyata memiliki ukuran DMT lebih tinggi dibandingkan mereka yang tidak minum teh secara bermakna. Senyawa aktif yang terkandung di dalam teh berperan

menyerupai hormon estrogen lemah yang membantu melindungi tulang terhadap proses kerapuhan (osteoporosis) (NN, 2008).

Lansia wanita yang minum teh mempunyai DMT lebih tinggi dibandingkan yang tidak minum teh. Nutrisi yang terkandung dalam teh, seperti *flavonoids*, berpengaruh terhadap DMT dan dapat mencegah osteoporosis pada lansia wanita (Hegarty, 2000).

Berdasarkan penelitian Devine (2007), didapat hasil bahwa teh dapat mencegah terjadinya *bone loss*. Pada analisis *cross sectional*, DMT pinggul 2,8% lebih baik pada peminum teh, dibandingkan dengan orang yang tidak minum teh. Dalam analisis prospektif, peminum teh mengalami kehilangan DMT pinggul sebesar 1,6%, sedangkan pada orang yang tidak minum teh mengalami kehilangan sebesar 4,0%. Jadi, berdasarkan studi *cross sectional*, konsumsi teh berhubungan dengan peningkatan DMT dan penurunan DMT dalam empat tahun dalam studi prospektif. Berdasarkan studi prospektif Chen (2003) dan Hallstrom (2006) dalam Devine (2007), didapat hasil bahwa tidak ada hubungan konsumsi teh dengan risiko *fraktur*. Hal ini membuktikan bahwa efek dari konsumsi teh pada struktur tulang tidak selalu berhubungan dengan risiko *fraktur*.

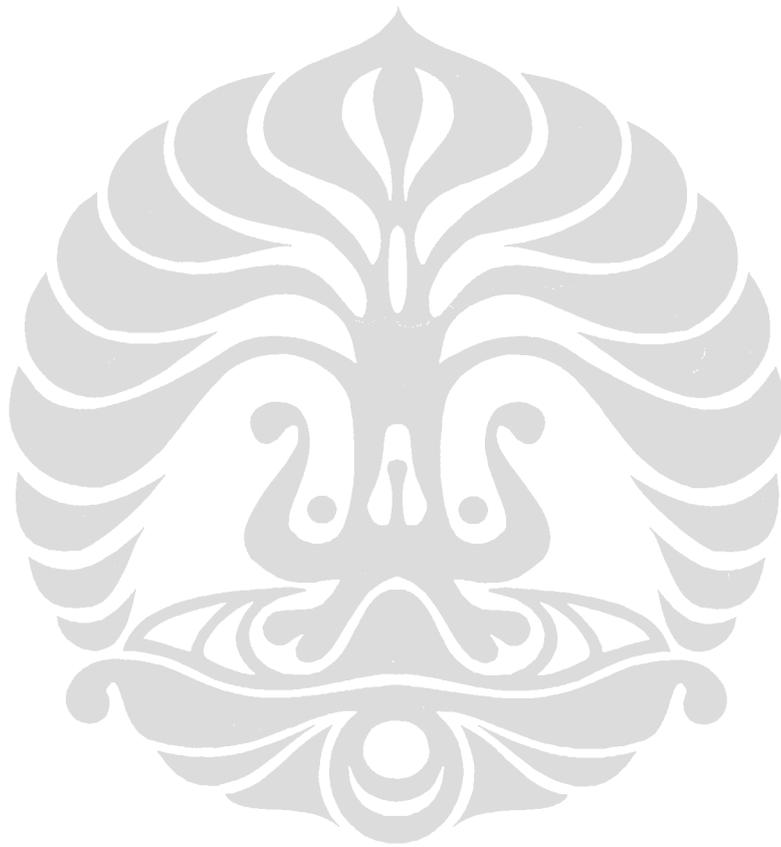
2.3. Metode Penilaian Asupan Makanan

Pada dasarnya ada empat pendekatan yang dapat digunakan untuk mengukur asupan makanan, yaitu *diet records*, *diet recall*, *diet history*, dan *food frequency questionnaire (FFQ)*. Namun, dalam penelitian ini, peneliti hanya menggunakan satu pendekatan, yaitu *diet recall*.

Diet Recall (24 Hour Recall)

Subjek penelitian *re-call* asupan makanan dan minuman sebenarnya yang dikonsumsi pada waktu yang lampau yang telah ditentukan sebelumnya, biasanya 24 jam yang lalu (*24 hour recall*). Porsi makan dikur dengan perkiraan. Kelebihan *24 hour recall* yaitu mudah dan pencatatannya cepat, mendapatkan informasi secara detail tentang jenis, jumlah makanan dan minuman yang dikonsumsi, dapat memperkirakan asupan gizi suatu kelompok, lebih objektif daripada metode riwayat diet, dan tidak mengubah kebiasaan diet, sedangkan

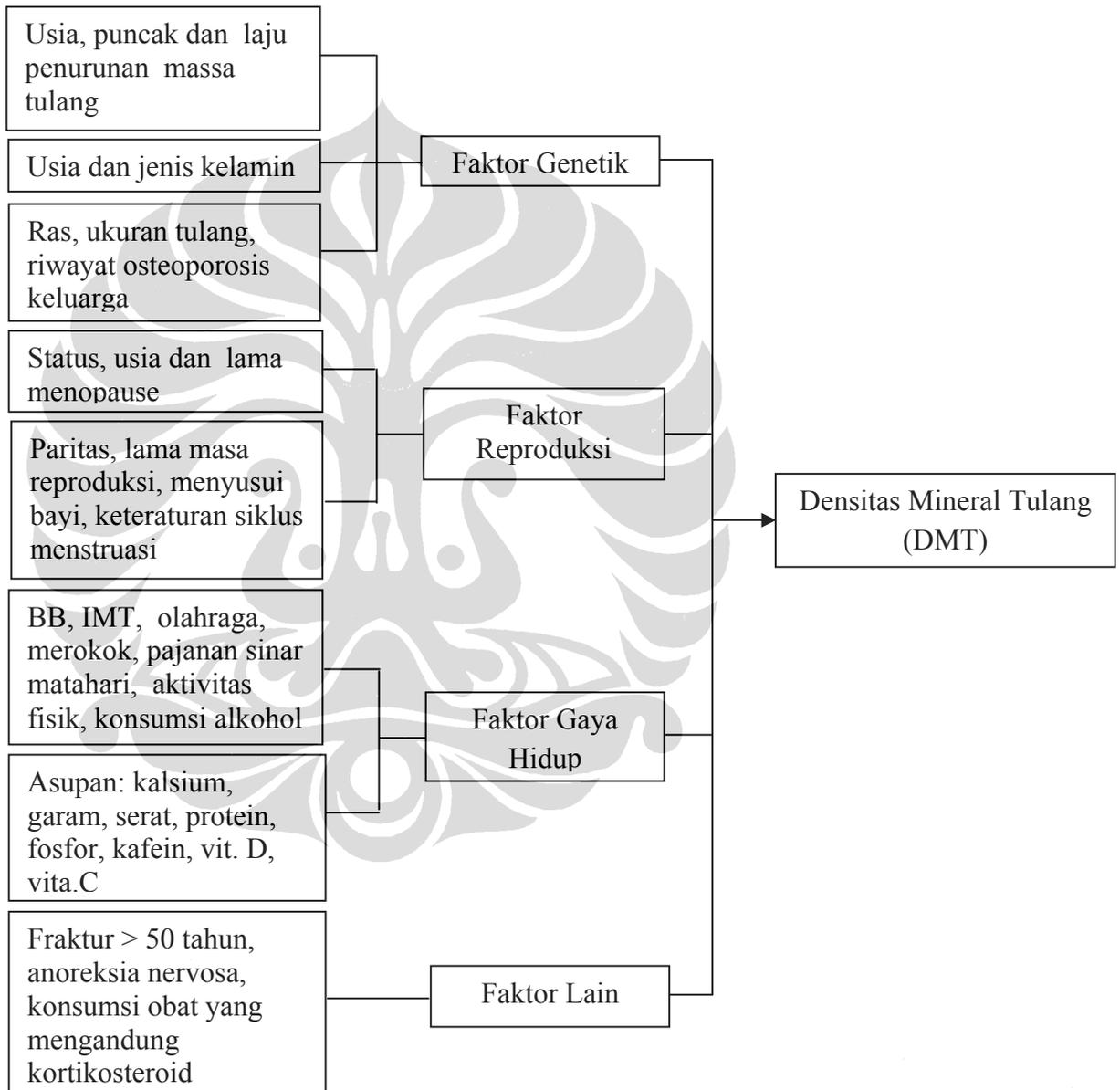
keterbatasannya adalah *recall* sekali tidak dapat mencerminkan secara representatif kebiasaan asupan individu, kadang terjadi *under/over reporting*, bergantung pada memori, dan memerlukan entri data (Departemen Gizi dan Kesehatan Masyarakat, FKM UI, 2007).



BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, HIPOTESIS, DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka Teori

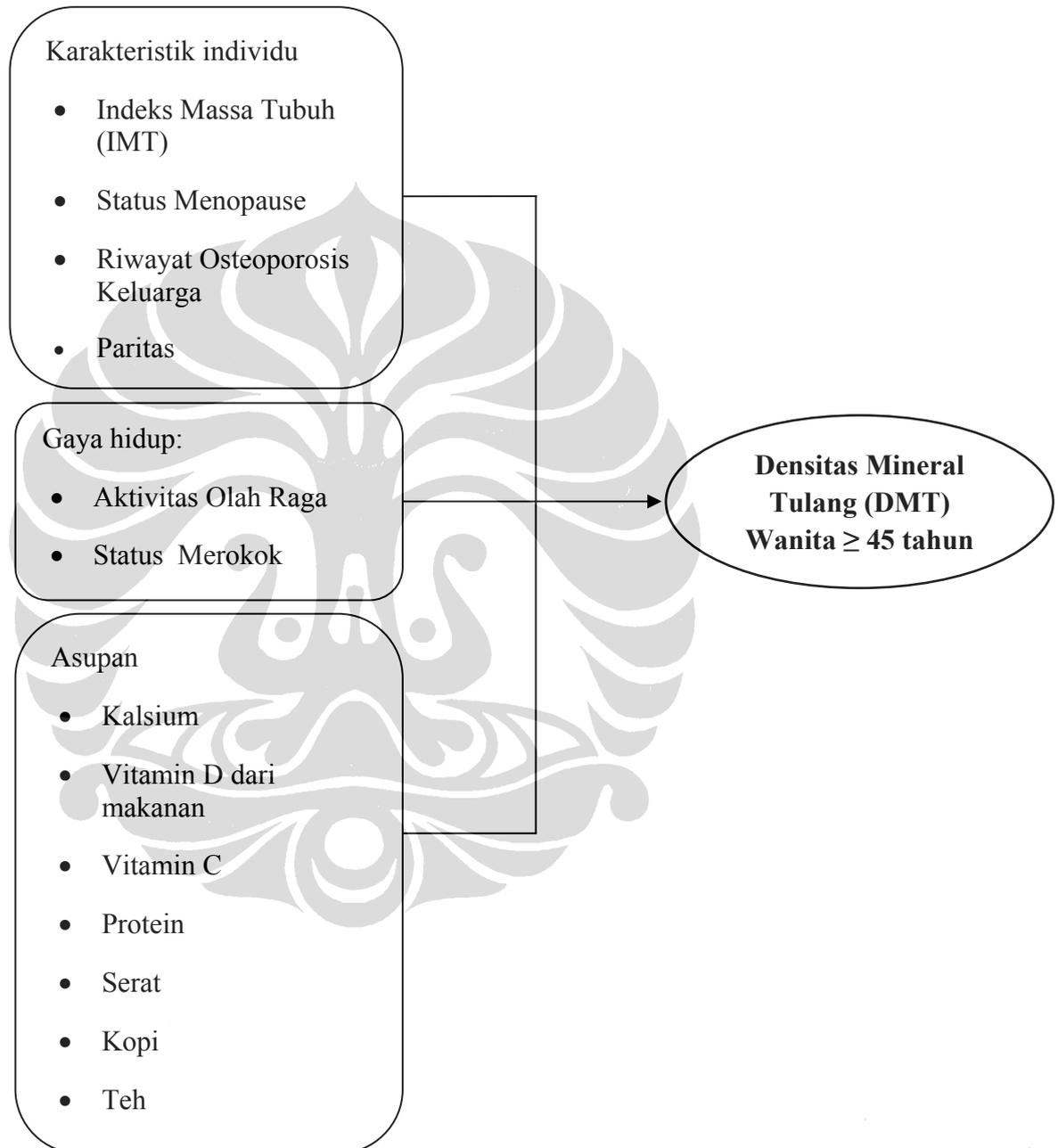


Bagan 3.1. Kerangka Teori

Sumber: Modifikasi Nuryasini (2001), Zaviera (2008), dan Cosman (2009)

3.2. Kerangka Konsep

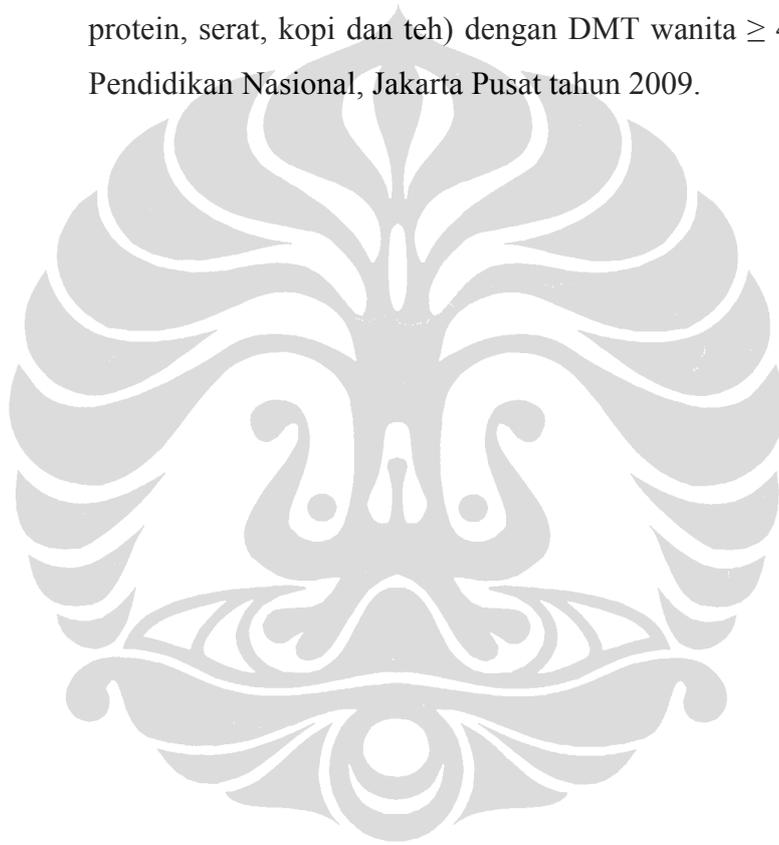
Berdasarkan faktor-faktor yang berhubungan dengan DMT dalam kerangka teori, maka peneliti mencoba untuk menyusun kerangka konsep dari beberapa hasil penelitian terdahulu.



Bagan 3.2. Kerangka Konsep

3.3. HIPOTESIS

1. Ada hubungan antara karakteristik individu (IMT, status menopause, riwayat osteoporosis keluarga dan paritas) dengan DMT wanita ≥ 45 tahun di Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta Pusat tahun 2009.
2. Ada hubungan antara gaya hidup (aktivitas olahraga dan status merokok) dengan DMT wanita ≥ 45 tahun di Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta Pusat tahun 2009.
3. Ada hubungan antara asupan (kalsium, vitamin D dari makanan, vitamin C, protein, serat, kopi dan teh) dengan DMT wanita ≥ 45 tahun di Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta Pusat tahun 2009.



3.4. Definisi Operasional

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Densitas Mineral Tulang (DMT)	Cara mudah untuk mengetahui seberapa kuat atau lemahnya tulang seseorang yang dinilai dari <i>T-score</i> (WHO, 2003)	Kaki kanan responden diletakkan diatas alat pengukur DMT, lalu pada tulang bagian tumit kaki kanan discan selama ± 1 menit	Densitometer dengan <i>Achilles Express/Insight</i> metode <i>Quantitative Ultrasound</i> dengan keakuratan pengukuran sebesar 97%	<ol style="list-style-type: none"> Tidak normal: <ul style="list-style-type: none"> Osteopenia: skor-T -1 s/d -2,5 SD rata-rata DMT dewasa muda Osteoporosis: skor-T $< -2,5$ SD rata-rata DMT dewasa muda Normal: skor-T > -1 SD rata-rata DMT dewasa muda (modifikasi WHO, 1994) 	Ordinal
Indeks Massa Tubuh (IMT)	Parameter keseimbangan energi, dimana energi yang masuk sama dengan energi yang dikeluarkan (Almatsier, 2003)	Penghitungan BB/TB^2 (kg/m^2)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Microtoise</i> Timbangan SECA 	IMT responden dalam satuan kg/m^2	Rasio
Status Menopause	Saat seseorang wanita berhenti mendapat haid (Compston, 2002)	Wawancara	Kuesioner	<ol style="list-style-type: none"> Sudah menopause Belum menopause 	Ordinal
Riwayat osteoporosis keluarga	Riwayat keluarga yang pernah mengalami penyakit osteoporosis (Tsania, 2008)	Wawancara	Kuesioner	<ol style="list-style-type: none"> Ada Tidak ada (Tsania, 2008) 	Ordinal

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Paritas	Banyaknya anak lahir hidup (Nuryasini, 2001)	Wawancara	Kuesioner	Jumlah anak responden	Rasio
Olahraga	Aktivitas fisik pada waktu melakukan olah raga meliputi intensitas, waktu dan porsi olahraga (Baecke, et.al,1982)	Menjumlahkan skor olahraga	<i>Baecke Questionnaire</i>	1. Tidak Aktif 2. Aktif (Rahmola, 1997)	Ordinal
Status Merokok	Kebiasaan menghisap rokok yang dilakukan dari masa lampau sampai saat penelitian dilakukan (permatasari, 2008)	Wawancara	Kuesioner	1. Ya 2. Tidak (permatasari, 2008)	Ordinal
Kalsium	Jumlah total kalsium yang dikonsumsi berdasarkan analisa hasil wawancara pada satu hari tertentu di antara seminggu (modifikasi Beaton, et.al, 1983)	Wawancara	Kuesioner <i>Recall 24 jam</i>	1. Kurang : < 100% AKG 2. Cukup : \geq 100% AKG (Almatsier, 2003)	Ordinal
Vitamin D	Jumlah total vitamin D yang dikonsumsi berdasarkan analisa hasil wawancara pada satu hari tertentu di antara seminggu (modifikasi Beaton, 1983)	Wawancara	Kuesioner <i>Recall 24 jam</i>	1. Kurang : < 100% AKG 2. Cukup : \geq 100% AKG (Almatsier, 2003)	Ordinal
Vitamin C	Jumlah total vitamin C yang dikonsumsi berdasarkan analisa hasil wawancara pada satu hari tertentu di antara seminggu (modifikasi Beaton, et.al, 1983)	Wawancara	Kuesioner <i>Recall 24 jam</i>	1. Kurang : < 100% AKG 2. Cukup : \geq 100% AKG (Almatsier, 2003)	Ordinal

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Protein	Jumlah total protein yang dikonsumsi berdasarkan analisa hasil wawancara pada satu hari tertentu di antara seminggu (modifikasi Beaton, et.al, 1983)	Wawancara	Kuesioner <i>Recall 24 jam</i>	1. Cukup : $\geq 80\%$ AKG 2. Kurang : $< 80\%$ AKG (Risalah WKNPG, 2004)	Ordinal
Serat	Jumlah total serat yang dikonsumsi berdasarkan analisa hasil wawancara pada satu hari tertentu di antara seminggu (modifikasi Beaton, et.al, 1983)	Wawancara	Kuesioner <i>Recall 24 jam</i>	1. Cukup : ≥ 25 g 2. Kurang : < 25 g (<i>Dietary Guidelines for America</i>)	Ordinal
Kopi	Kebiasaan dalam mengonsumsi minuman yang mengandung bahan penghambat kalsium yang berasal dari kopi (Permatasari, 2008)	Wawancara	Kuesioner	1. Setiap hari 2. Tidak setiap hari (modifikasi winkelmeyer, 2009)	Ordinal
Teh	Kebiasaan dalam mengonsumsi minuman yang mengandung bahan penghambat kalsium yang berasal dari teh (Permatasari, 2008)	Wawancara	Kuesioner	1. Setiap hari 2. Tidak setiap hari (modifikasi winkelmeyer, 2009)	Ordinal