

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Perilaku Kesehatan

Dari segi biologis, perilaku adalah suatu kegiatan atau aktivitas kegiatan organisme (makhluk hidup) yang bersangkutan. Oleh sebab itu, dari sudut pandang biologis semua makhluk hidup mulai dari tumbuh – tumbuhan, binatang sampai dengan manusia itu berperilaku, karena mereka mempunyai aktivitas masing – masing. Sehingga yang dimaksud dengan perilaku manusia, pada hakikatnya adalah tindakan atau aktivitas dari manusia itu sendiri yang mempunyai bentangan yang sangat luas antara lain: berjalan, berbicara, menangis, tertawa, bekerja, kuliah, menulis, membaca, dan sebagainya. Dari uraian ini dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud perilaku (manusia) adalah semua kegiatan atau aktivitas manusia, baik yang dapat diamati langsung, maupun yang tidak dapat diamati oleh pihak luar. Skinner merumuskan bahwa perilaku merupakan respons atau reaksi seseorang terhadap stimulus (rangsangan dari luar). Oleh karena perilaku ini terjadi melalui proses adanya stimulus terhadap organisme, dan kemudian organisme tersebut merespons. Maka teori Skinner ini disebut “S-O-R” atau *Stimulus Organisme Respons*. Skinner membedakan adanya dua respons:

1. *Respondent response* atau *reflexive*, yakni respons yang ditimbulkan oleh rangsangan – rangsangan (stimulus) tertentu. Stimulus semacam ini disebut *eliciting stimulation* karena menimbulkan respons – respons yang relatif tetap.
2. *Operant response* atau *instrumental response*, yakni respons yang timbul dan berkembang kemudian diikuti oleh stimulus atau perangsang tertentu.

Perangsang ini disebut *reinforcing stimulation* atau *reinforcer*, karena memperkuat respons.⁽¹²⁾

Meskipun perilaku adalah bentuk respons atau reaksi terhadap stimulus atau rangsangan dari luar organisme (orang), namun dalam memberikan respons sangat tergantung pada karakteristik atau faktor – faktor lain dari orang yang bersangkutan. Hal ini berarti meskipun stimulusnya sama bagi beberapa orang, namun respons tiap – tiap orang berbeda. Faktor – faktor yang membedakan respons terhadap stimulus yang berbeda disebut determinan perilaku. Determinan perilaku ini dapat dibedakan menjadi dua, yakni:

1. Determinan atau faktor internal, yakni karakteristik orang yang bersangkutan, yang bersifat *given* atau bawaan, misalnya: tingkat kecerdasan, tingkat emosional, jenis kelamin, dan sebagainya.
2. Determinan atau faktor eksternal, yakni lingkungan, baik lingkungan fisik, sosial, budaya, ekonomi, politik, dan sebagainya. Faktor lingkungan ini sering merupakan faktor yang dominan yang mewarnai perilaku seseorang.⁽¹²⁾

Dari uraian di atas dapat dirumuskan bahwa perilaku adalah merupakan totalitas penghayatan dan aktivitas seseorang, yang merupakan hasil bersama atau *resultant* antara berbagai faktor, baik faktor internal maupun eksternal. Dengan perkataan lain perilaku manusia sangatlah kompleks, dan mempunyai bentangan yang sangat luas. Benyamin Bloom (1908) seorang ahli psikologi pendidikan membagi perilaku manusia itu kedalam tiga domain, sesuai dengan tujuan pendidikan. Bloom menyebutnya ranah atau kawasan yakni: a) kognitif (*cognitive*), b) afektif (*affective*), c) psikomotor (*psychomotor*). Dalam perkembangannya, teori Bloom ini dimodifikasi untuk pengukuran hasil pendidikan kesehatan, yakni:

2.1.1.1 Pengetahuan

2.1.1.1.1 Definisi

Pengetahuan adalah merupakan hasil dari tahu dan ini terjadi setelah orang melakukan penginderaan terhadap suatu objek tertentu. Penginderaan terjadi melalui panca indera manusia, yakni indera penglihatan, pendengaran, penciuman, rasa dan raba dengan sendiri. Pada waktu penginderaan sampai menghasilkan pengetahuan tersebut sangat dipengaruhi oleh intensitas perhatian persepsi terhadap objek. Sebagian besar pengetahuan manusia diperoleh melalui mata dan telinga.⁽¹¹⁾

2.1.1.1.2 Tingkat Pengetahuan

1) Tahu (*know*)

Tahu diartikan sebagai mengingat suatu materi yang telah dipelajari sebelumnya. Termasuk ke dalam pengetahuan tingkat ini adalah mengingat kembali (*recall*) sesuatu yang spesifik dan seluruh bahan yang dipelajari atau rangsangan yang telah diterima. Oleh sebab itu, tahu ini merupakan tingkat pengetahuan yang paling rendah. Kata kerja untuk mengukur bahwa orang tahu tentang apa yang dipelajari antara lain dapat menyebutkan, menguraikan, mendefinisikan, menyatakan, dan sebagainya.^(11,12)

2) Memahami (*comprehension*)

Memahami diartikan sebagian suatu kemampuan untuk menjelaskan secara benar tentang objek yang diketahui, dan dapat menginterpretasikan materi tersebut secara benar. Orang yang telah paham terhadap objek atau materi harus dapat menjelaskan, menyebutkan contoh, menyimpulkan,

meramalkan, dan sebagainya terhadap objek yang dipelajari.^(11,12)

3) Aplikasi (*application*)

Aplikasi diartikan sebagai kemampuan untuk menggunakan materi yang telah dipelajari pada situasi atau kondisi real (sebenarnya). Aplikasi di sini dapat diartikan sebagai aplikasi atau penggunaan hukum – hukum, rumus, metode, prinsip, dan sebagainya dalam konteks atau situasi yang lain.^(11,12)

4) Analisis (*analysis*)

Analisis adalah suatu kemampuan untuk menjabarkan materi atau suatu objek kedalam komponen – komponen, tetapi masih di dalam satu struktur organisasi, dan masih ada kaitannya satu sama lain. Kemampuan analisis ini dapat dilihat dari penggunaan kata kerja, seperti dapat menggambarkan (membuat bagan), membedakan, memisahkan, mengelompokkan, dan sebagainya.^(11,12)

5) Sintesis (*synthesis*)

Sintesis menunjuk kepada suatu kemampuan untuk meletakkan atau menghubungkan bagian – bagian di dalam suatu bentuk keseluruhan yang baru. Dengan kata lain sintesis adalah suatu kemampuan untuk menyusun formulasi baru dari formulai – formulasi yang ada.^(11,12)

6) Evaluasi (*evaluation*)

Evaluasi ini berkaitan dengan kemampuan untuk melakukan justifikasi atau penilaian terhadap suatu materi atau objek. Penilaian – penilaian itu didasarkan pada suatu

kriteria yang ditentukan sendiri, atau menggunakan kriteria – kriteria yang telah ada.^(11,12)

2.1.1.1.3 Pengukuran

Pengukuran pengetahuan dapat dilakukan dengan wawancara atau angket yang menanyakan tentang isi materi yang akan diukur dari subjek penelitian atau responden. Kedalaman pengetahuan yang ingin kita ketahui atau kita ukur dapat kita sesuaikan dengan tingkatan-tingkatan di atas.⁽¹¹⁾

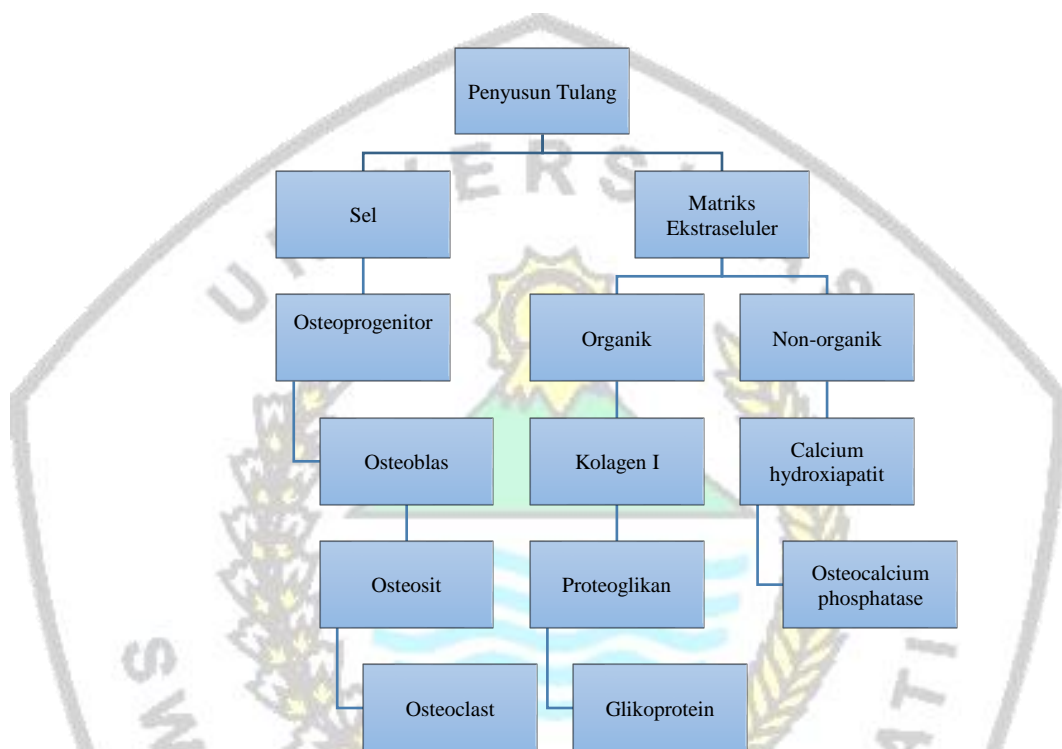
2.1.1.1.4 Kategori

Pengetahuan seseorang dapat diketahui atau diinterpretasikan dengan skala yang bersifat kualitatif, yaitu: tingkat pengetahuan baik bila skor atau nilai 76-100 %, cukup bila skor atau nilai 56-75 % ; kurang bila skor atau nilai < 56 %.^(11,12)

2.1.2 Struktur dan Fungsi Tulang

Tulang mempunyai fungsi yang krusial dalam homeostasis mineral (proses mineralisasi) (misalnya kalsium, fosfat, karbonat, magnesium) yang sangat esensial untuk proses mekanisme seluler yang rumit, berperan pada homeostasis hormon, dan membantu mempertahankan fungsi normal imunologi. Pembentukan tulang dimulai saat fetus dengan pertumbuhan dari tulang rawan yang merupakan awal dari jaringan tulang. Pada tulang matur, pembentukan jaringan tulang baru dimulai oleh produksi matriks organik oleh sel-sel tulang. Tulang terdiri dari sel-sel dan matriks ekstraseluler. Sel-sel tersebut adalah osteosit, osteoblas, dan osteoklas. Matriks tulang tersusun dari *ground substance*, serat-serat kolagen organik dan protein lainnya yang tertanam pada substansi dasar, mempunyai andil dalam pembentukan tulang serta proses *maintenance*; garam-garam

anorganik tulang seperti fosfor dan kalsium. Substansi dasar tulang terdiri dari jenis proteoglikan yang tersusun terutama dari kondroitin sulfat dan sejumlah kecil asam hialuronat yang bersenyawa dengan protein. Garam-garam tulang berada dalam bentuk kristal kalsium fosfat yang disebut hidroksiapatit. Persenyawaan antara kolagen dan kristal hidroksiapatit bertanggung jawab atas daya regang dan daya tekan tulang yang besar.⁽¹³⁾



Skema 1. Penyusun tulang.⁽¹³⁾

2.1.2.1 Sel-sel tulang

Tulang mempunyai 3 tipe sel tulang, yaitu osteoblas, osteosit, dan osteoklas. Osteoblas dan osteosit berasal dari sel-sel osteoprogenitor yang ditemukan di turunan sel punca mesenkim. Tidak seperti osteoblas dan osteosit, osteoklas berasal dari sel punca hematopoietik. Osteoblas merupakan sel pembentuk tulang. Begitu proses pembentukan tulang selesai, osteoblas berubah menjadi osteosit. Osteosit yang merupakan sel terbanyak di tulang merupakan osteoblas yang terjebak dalam matriks tulang yang telah

mengalami mineralisasi. Osteosit mempunyai banyak fungsi dalam mempertahankan homeostasis tulang, termasuk sintesis matriks tulang baru dan menginisiasi fungsi osteoklas. Osteoklas secara primer menyerap tulang pada saat proses tumbuh dan repair.⁽¹⁴⁾

2.1.2.2 Matriks tulang

Matriks tulang merupakan elemen ekstraseluler dari jaringan tulang, lebih spesifik lagi berupa serat kolagen, yang merupakan protein struktur (seperti proteoglikan dan glikoprotein tertentu), kompleks karbohidrat-protein, ground substances dan mineral.⁽¹⁴⁾

a) Serat kolagen

Membentuk matriks tulang yang terdiri dari: osteoblas mensintesis dan menyekresi kolagen tipe I dan osteocalcin; molekul kolagen membentuk tiga untaian alfa yang membentuk fibril; fibril membentuk pola, di mana setiap fibril saling bertautan dengan tetangganya seperempat dari panjangnya sehingga membentuk celah yang nantinya akan terisi dengan kristal mineral; setelah deposisi mineral, fibril yang bertautan saling berhubungan membentuk serat yang berbentuk puntiran yang menyerupai anyaman tali; serat-serat saling bergabung membentuk jaringan yang memberikan kekuatan penyokong atau *tensile*.⁽¹⁴⁾

b) Proteoglikan

Proteoglikan adalah suatu kompleks dari banyak polisakarida yang terikat dengan protein. Proteoglikan memperkuat tulang dengan membentuk jaringan yang resisten terhadap kompresi antara serat kolagen. Proteoglikan juga mengontrol transpor dan distribusi partikel listrik (ion), terutama kalsium, melalui matriks tulang, di mana memegang peranan

penting dalam deposisi dan kalsifikasi kalsium tulang. Proteoglikan merupakan konstituen penting pada *ground substances*.⁽¹⁴⁾

c) Glikoprotein

Glikoprotein adalah kompleks karbohidrat-protein yang mengontrol interaksi kolagen sehingga membuat formasi fibril. Glikoprotein juga berfungsi dalam proses kalsifikasi. Terdapat empat glikoprotein dalam tulang: **sialoprotein**, yang mudah berikatan dengan kalsium; **osteocalcin** yang terikat sebagian besar dengan kristal kalsium; **bone albumin**, identik dengan serum albumin dan berfungsi kemungkinan untuk transpor nutrisi esensial dari dan menuju tulang dan mempertahankan tekanan osmotik dari cairan tulang dan **alpha-glycoprotein**, kemungkinan berfungsi pada proses kalsifikasi dan memfasilitasi reabsorpsi tulang dengan mengaktifkan osteoklas.⁽¹⁴⁾

2.1.3 Remodelling Tulang

2.1.3.1 Definisi

Selama hidup, tulang mengalami pemodelan dan remodelling untuk tumbuh atau berubah bentuk. Selama masa kanak-kanak dan remaja proses yang dominan adalah *bone modelling* (pembentukan tulang), sementara pada masa dewasa, *bone remodelling* (penggantian dan pembaharuan tulang) mendominasi. Pemodelan tulang adalah proses di mana tulang berubah bentuk atau ukuran sebagai respons terhadap pengaruh fisiologis atau kekuatan mekanis yang dihadapi oleh kerangka, sementara remodelling tulang terjadi sehingga tulang dapat mempertahankan kekuatan dan homeostasis mineralnya. Selama masa kanak-kanak dan remaja, pertumbuhan terjadi secara longitudinal dan radial, sedangkan pada lempeng

pertumbuhan terjadi secara longitudinal, sehingga mendorong pertumbuhan ukuran.⁽¹⁵⁾

Siklus remodelling tulang adalah proses yang diatur secara ketat yang menggantikan tulang tua dan rusak dengan yang baru. Secara anatomis, siklus ini terjadi dalam Unit Multiseluler Dasar (BMU), yang terdiri dari osteoklas, osteoblas, dan suplai darah kapiler. BMU bertahan lebih lama daripada umur osteoblas dan osteoklas di dalamnya sehingga memerlukan penambahan sel-sel ini secara konstan yang secara kritis dikendalikan oleh osteosit.⁽¹⁶⁾

2.1.3.2 Mekanisme

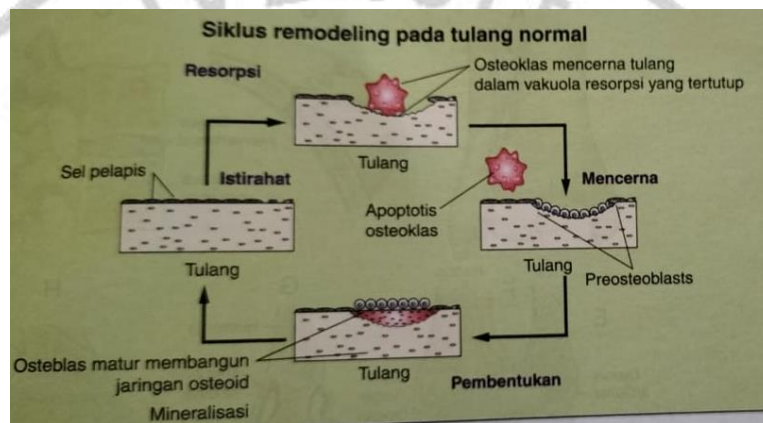
Tulang adalah jaringan aktif yang secara metabolik mengalami remodeling secara kontinyu oleh dua proses, yaitu pembentukan (formasi) dan penyerapan (resorpsi) tulang. Proses ini bergantung pada aktivitas osteoklas, osteoblas, dan osteofit. Dalam *sequential remodelling* lapisan tulang di reabsorpsi oleh osteoklas dan diganti dengan lapisan baru oleh osteoblas. *Bone remodelling* merupakan proses yang penting karena memberi peluang tulang berespons terhadap pemberian beban mekanis, mempertahankan kualitas kontrol terhadap kerusakan mikro dan memungkinkan tulang melepas growth factor dan mineral (kalsium dan fosfat) tersimpan di matriks tulang untuk dilepas ke sirkulasi. Sel bekerja berdasarkan respons dari signal yang ada di lingkungan luar tubuh.⁽¹⁴⁾

1. Siklus remodeling tulang dimulai dengan perekrutan sel-sel prekursor osteoklas. Sel-sel ini berdiferensiasi menjadi osteoklas ketika mereka menerima sinyal dari osteoblas.
2. Osteoklas yang matur kemudian mensintesis enzim proteolitik yang mencerna matriks kolagen. Resorpsi tulang ini adalah tahap

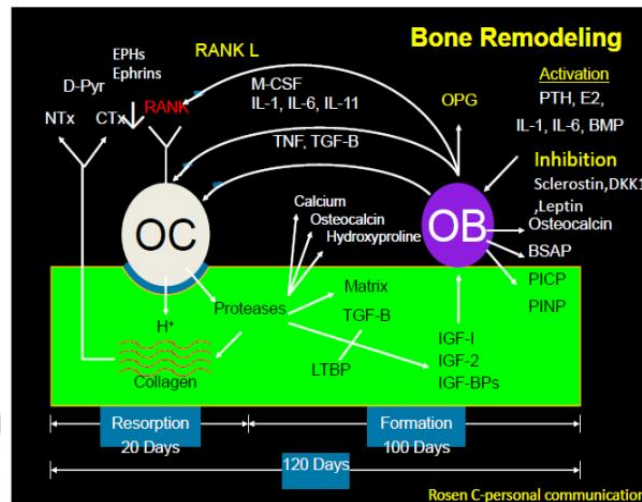
pertama dari siklus renovasi. Fase yang panjang ini diatur oleh apoptosis osteoklas.

3. Fase selanjutnya dari siklus remodeling preosteoblas ditarik dari stem sel mesenkimal dalam sumsum tulang.

4. Osteoblas matur mensintesis matriks tulang, terutama kolagen tipe I dan mengatur mineralisasi tulang yang baru terbentuk. Beberapa osteoblas matur mungkin terjebak dalam mineralisasi tulang dan menjadi osteosit.⁽¹⁴⁾



Gambar 1. Proses remodelling tulang.⁽¹⁴⁾



Gambar 2. Proses remodelling tulang secara biomolekuler.⁽¹⁸⁾

Osteoblas adalah sel mononuklear yang menempel pada permukaan tulang dan membentuk tulang baru. Mereka menghasilkan kolagen tipe I dan matriks komponen osteoid lainnya dan mereka juga memineralsasi osteoid dengan hidroksiapatit. Biomarker formasi tulang terdiri dari:

1. Propeptida Prokolagen tipe I

Kolagen tipe I adalah bagian dari matriks tulang. Osteoblas melepaskan prekursor tersebut yaitu prokolagen tipe I. Prokolagen ini mengalami pembelahan proteolitik dan menghasilkan aminoterminal dan carboxy-terminal propeptida dari kolagen tipe I (PINP, PICP). Konsentrasi dari PINP dan PICP dalam sirkulasi diperkirakan mencerminkan laju pembentukan tulang.³ Kolagen tipe I disintesis sebagai prekursor diapit oleh C dan N-terminal dengan extension peptides yang dibelah ketika kolagen diendapkan untuk membentuk matriks tulang. Katabolisme kedua extension peptides, prokolagen 1 C terminal dan prokolagen 1 N terminal (PINP) berada di bawah kontrol hormonal, tapi konsentrasinya tidak tergantung fungsi ginjal. Kedua peptida dapat diukur dengan immunoassay dan telah menunjukkan

variasi yang diharapkan untuk melihat turnover tulang baik dalam kondisi fisiologis maupun patologis.⁽¹⁸⁾

2. Alkalin Phospatase (AP)

Peranan enzim alkaline phospatase (AP) dalam proses mineralisasi adalah bahwa enzim ini mempersiapkan suasana alkalis (basa) pada jaringan osteoid yang terbentuk, supaya kalsium dapat dengan mudah terdeposit pada jaringan tersebut. Selain itu di dalam tulang enzim ini menyebabkan meningkatnya konsentrasi fosfat, sehingga terbentuklah ikatan kalsium-fosfat dalam bentuk kristal hidroksiapatit dan berdasarkan hukum massa (law of mass action) kristal tersebut pada akhirnya akan mengendap di dalam tulang.⁽¹⁸⁾

3. Osteocalcin (OC)

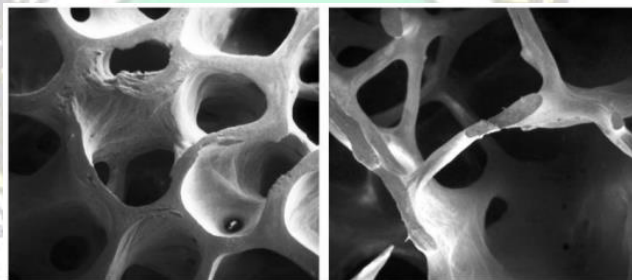
Osteocalcin (OC) adalah protein yang disintesis oleh osteoblas yang mengikat hidroksiapatit dalam matriks tulang. Selain fungsinya dalam mengatur remodeling tulang melalui mekanisme umpan balik negatif, protein ini merupakan faktor endokrin dalam mengatur hemostasis glukosa.⁽¹⁸⁾

Salah satu penanda proses pembentukan tulang adalah osteokalsin atau bone-GLA (g-carboxyglutamil acid)-protein (BGP), yang merupakan protein non kolagen dalam matriks tulang, yang disintesis oleh osteoblas, dan disekresi ke dalam cairan jaringan penyokong utama tulang. Osteokalsin merupakan protein nonkolagen terbanyak dalam tulang dan diproduksi oleh sel osteoblas (sel yang berperan pada proses pembentukan tulang), suatu protein yang bersifat dependent terhadap vitamin K dan vitamin D.⁽¹⁸⁾

2.1.4 Osteoporosis

2.1.4.1 Definisi

Osteoporosis merupakan kondisi atau penyakit dimana tulang menjadi rapuh dan mudah retak atau patah. Osteoporosis adalah suatu penyakit yang ditandai dengan berkurangnya massa tulang atau adanya perubahan *mikroarsitektur* (bentuk mikro) jaringan tulang yang mengakibatkan menurunnya kekuatan tulang dan meningkatnya kerapuhan tulang, sehingga menyebabkan tulang mudah patah.⁽¹⁹⁾ Menurut WHO tingkat keparahan keropos tulang dapat dibedakan berdasarkan nilai *T-score*. Nilai *T-score* didapat saat pemeriksaan BMD (*Bone Mineral Density*). Bila *T-score* $< -2,5$ digolongkan sebagai osteoporosis sedangkan nilai *T-score* dibawah $-1,0$ dinamakan osteopenia.⁽²⁰⁾



Gambar 3. Gambaran mikro arsitektur tulang: tulang normal (kiri) tulang osteoporosis (kanan).⁽¹⁸⁾

2.1.4.2 Klasifikasi

Osteoporosis dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu osteoporosis primer dan sekunder.

A. Osteoporosis Primer

Osteoporosis primer terjadi pada wanita pascamenopause pada wanita atau pria berusia lanjut. Umumnya terjadi pada usia 50 tahun ke atas di mana terjadi penurunan hormon estrogen pada

wanita saat menopause yang memicu terjadinya pengeroposan tulang.⁽¹⁸⁾

a) Tipe 1 (postmenopausal)

Osteoporosis tipe 1 erat kaitannya dengan hormon estrogen dan kejadian menopause pada wanita. Biasanya tipe ini terjadi 15-20 tahun setelah masa menopause.⁽¹⁸⁾

b) Tipe 2 (senile)

Tipe 2 terjadi karena kekurangan kalsium dan sel-sel perangsang pembentuk vitamin D. Biasanya terjadi diatas usia 70 tahun dan 2 kali lebih sering terjadi dibandingkan tipe 1.⁽¹⁸⁾

B. Osteoporosis Sekunder

Osteoporosis sekunder disebabkan oleh penyakit atau kelainan tertentu, akibat tindakan pembedahan, atau pemberian obat yang efeknya mempercepat pengeroposan tulang.⁽¹⁸⁾

Muncul sebagai efek dari obat-obatan steroid, alkohol, tembakau, tiroksin, antikejut, obat-obat hormon antiseks, heparin, litium, metotreksat, obat sitotoksik lain, vitamin D dan obat yang cenderung meningkatkan osteoporosis. Berkaitan pula dengan beberapa penyakit kronis yang mengakibatkan keterbatasan gerak bagi penderitanya, seperti arthritis rheumatoid, atau penyakit kronis yang menyebabkan kurangnya kalsium seperti penyakit ginjal, intoleransi terhadap produk susu, serta penyakit pada sistem pencernaan dan lain sebagainya.⁽¹⁸⁾

Tabel 2. Patofisiologi penyebab osteoporosis paling umum.⁽³⁴⁾

Jenis Osteoporosis	Deskripsi	Mekanisme seluler dan molekuler
Osteoporosis pascamenopause (primer)	Menopause ditandai dengan berkurangnya konsentrasi estrogen. Hal ini menjadi mengakibatkan percepatan remodelling tulang; baik pada reabsorpsi maupun formasi meningkat, tetapi pada satu laju reabsorpsi melebihi formasi.	Defisiensi pada yang estrogen mengakibatkan pada peningkatan sitokin termasuk IL-1, IL-6 dan TNF-alpha. Peningkatan RANKL dan berkurangnya pada CPG menghasilkan sesuatu peningkatan osteoklastogenesis dan penurunan apoptosis
Osteoporosis terkait usia (primer)	Karena kombinasi faktor terkait pada berapa usia dan pascamenopause pada wanita dan faktor terkait usia pada pria. Etiologi multifaktorial dengan keropos tulang yang bergantung pada faktor genetik dan gaya hidup	<p>a) Osteoblastogenesis pembentukan tulang menjadi berkurang dengan menurunnya GH, peningkatan PTH dan peningkatan spesies pada oksigen reaktif</p> <p>b) Defisiensi steroid seks pada pria menyebabkan sebuah penurunan konsentrasi estrogen dalam tulang (konversi oleh aromatase) dan dengan demikian meningkatkan osteoklastogenesis dan reabsorpsi tulang.</p> <p>c) Penekanan persinyalan Wnt yang biasa mengarah pada penghambatan sistem diferensiasi osteoblas. Prekursor mesenkim lebih secara pada prefensial berdiferensiasi menjadi adiposit daripada osteoblas setelah induksi faktor transkripsi seperti gamma reseptor yang menjadi diaktifkan proliferasi sehingga</p> <p>d) peroksisom. Menjadi Peningkatan apoptosis osteoblas dan osteosit.</p>
Osteoporosis yang diinduksi glukokortikoid (sekunder)	Peningkatan awal dan sementara dalam reabsorpsi tulang osteo-klastik diikuti oleh penurunan yang berkepanjangan baik dalam pembentukan tulang osteoblas dan reabsorpsi tulang	Glukokortikoid pada menyebabkan berkurangnya jumlah progenitor osteoklas, pada fase awal kehilangan tulang yang diinduksi glukokortikoid, umur osteoklas diperpanjang

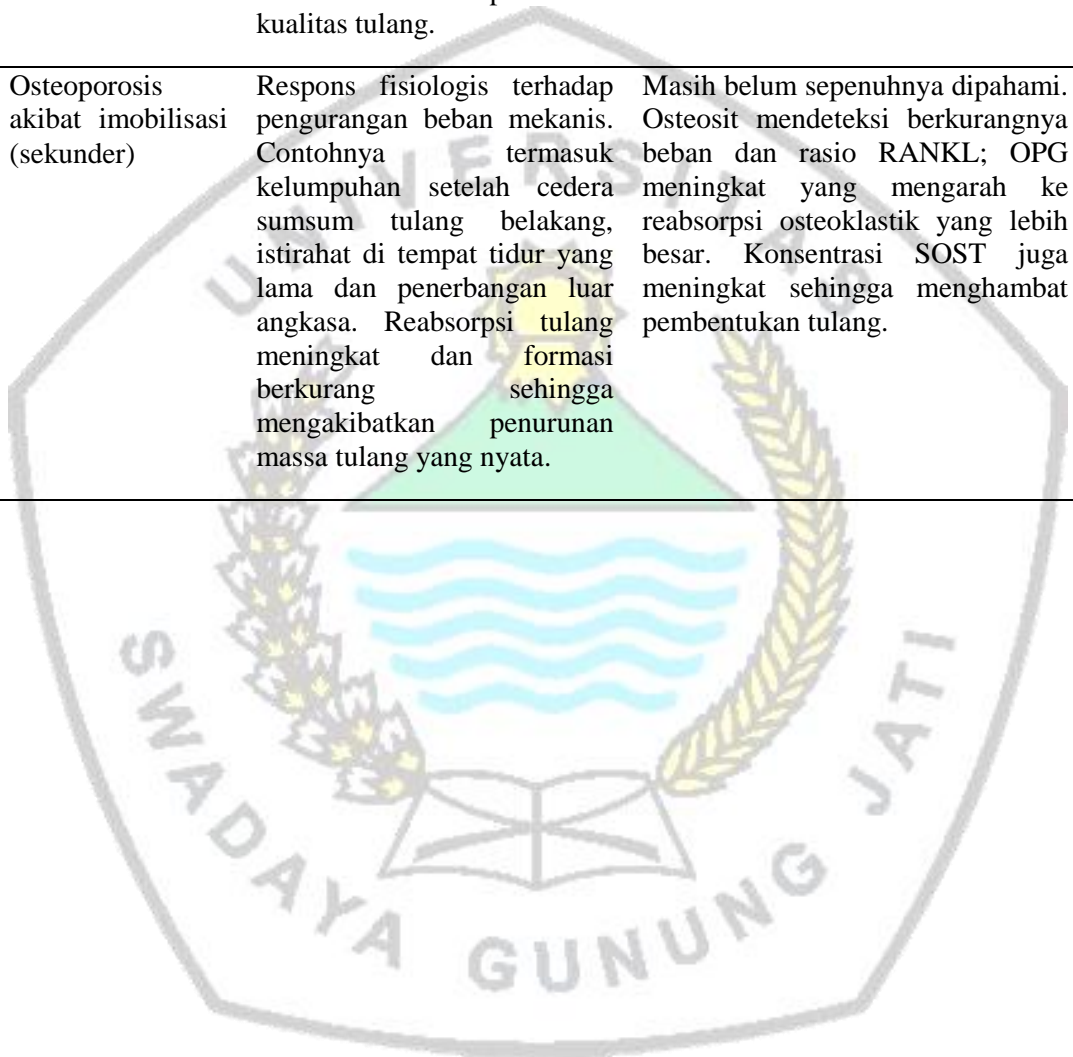
osteoklastik.

Penurunan terbesar dalam kepadatan mineral tulang (BMD) terjadi pada tahun pertama terapi glukokortikoid. Pengobatan glukokortikoid dikaitkan dengan kehilangan tulang kuantitatif dan penurunan kualitas tulang.

Osteoporosis akibat imobilisasi (sekunder)

Respons fisiologis terhadap pengurangan beban mekanis. Contohnya termasuk kelumpuhan setelah cedera sumsum tulang belakang, istirahat di tempat tidur yang lama dan penerbangan luar angkasa. Reabsorpsi tulang meningkat dan formasi berkurang sehingga mengakibatkan penurunan massa tulang yang nyata.

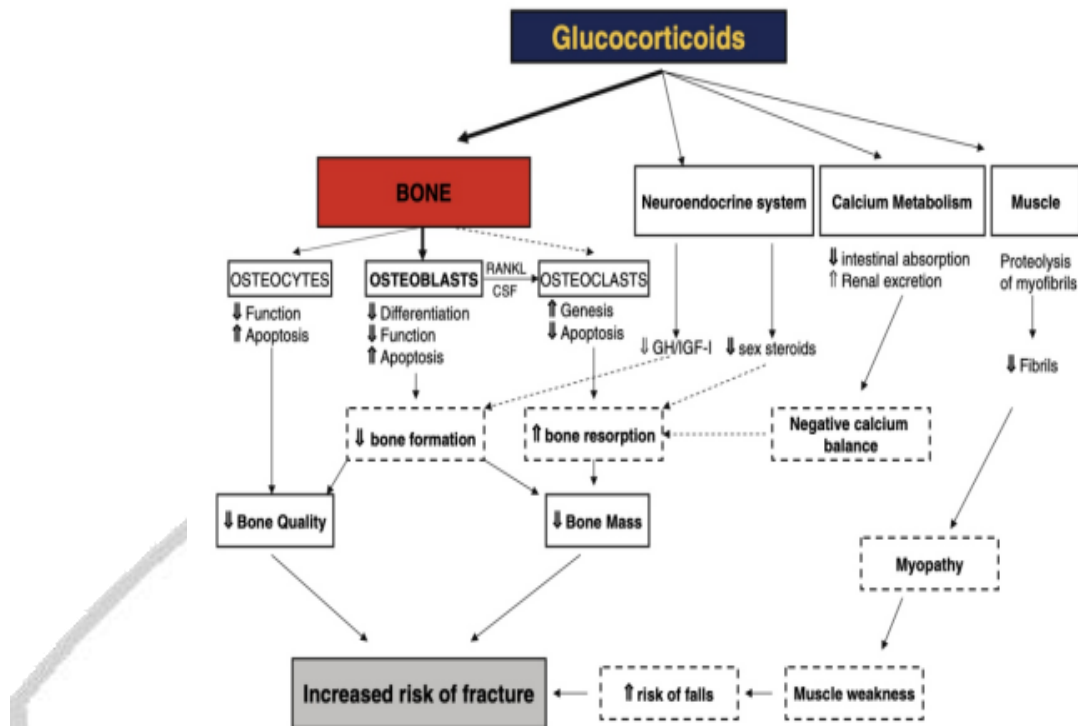
Masih belum sepenuhnya dipahami. Osteosit mendeteksi berkurangnya beban dan rasio RANKL; OPG meningkat yang mengarah ke reabsorpsi osteoklastik yang lebih besar. Konsentrasi SOST juga meningkat sehingga menghambat pembentukan tulang.



2.1.4.3 Patogenesis

Massa tulang pada dewasa tua sama dengan puncak massa tulang yang didapat pada usia 18-25 tahun dikurangi dengan jumlah tulang yang hilang setelahnya. Puncak massa tulang ditentukan oleh faktor genetik dan faktor nutrisi, status hormon, aktivitas fisik dan kesehatan pada masa pertumbuhan.⁽¹⁰⁾

Selama masa pertumbuhan, terjadi 90% deposisi massa tulang, diikuti oleh periode konsolidasi dan terus berlanjut hingga usia 15-30 tahun. Normalnya, proses pembentukan dan resorpsi tulang berjalan berpasangan. Pada dewasa muda, tulang yang diresorpsi digantikan jaringan tulang baru dalam jumlah yang sama. Massa tulang rangka akan tetap konstan setelah massa puncak tulang sudah tercapai.⁽¹⁰⁾ Setelah usia 30-45 tahun, proses reabsorpsi dan pembentukan tulang menjadi tidak seimbang dan proses reabsorpsi melebihi proses pembentukannya. Ketidakseimbangan ini dapat dimulai pada usia yang berbeda dan bervariasi pada lokasi tulang rangka yang berbeda. Hilangnya jaringan tulang menyebabkan kerusakan arsitektur tulang dan peningkatan risiko fraktur. Pada wanita menjelang masa menopause, terjadi defisiensi estrogen secara signifikan sehingga massa tulang menurun dengan sangat cepat. Penurunan kadar estrogen menyebabkan kadar beberapa sitokin seperti interleukin-1, interleukin-6, dan tumor necrosis factor alfa (TNF-alfa) menjadi meningkat dan meningkatkan reabsorpsi tulang melalui perkrutan, diferensiasi, dan aktivasi osteoklas.⁽¹⁶⁾



Gambar 4. Mekanisme osteoporosis yang diinduksi oleh glukokortikoid.⁽³¹⁾

Osteoblas

Glukokortikoid mempengaruhi ekspresi beberapa gen (termasuk gen yang mengatur morfogenesis tulang, gen untuk kolagen tipe 1, osteokalsin, *insulin like growth factors* dan protein pengikatnya) pada prekursor sel osteoblas untuk memproduksi fenotipe osteoblastik. Pada sel osteoblas matur, glukokortikoid menghambat proliferasi sel dan sintesis matriks. Selain itu, glukokortikoid juga mempercepat apoptosis osteoblas dan osteoklas.⁽³¹⁾

Osteoklas

Glukokortikoid menyebabkan produksi osteoklas dari sumsum tulang meningkat akibat penurunan produksi OPG oleh

osteoblas dan meningkatkan produksi RANKL. Di sisi lain, glukokortikoid juga meningkatkan apoptosis sel osteoklas matur. Dua efek yang berbeda ini menunjukkan bahwa glukokortikoid dapat memberikan efek peningkatan atau penurunan resorpsi tulang.⁽³¹⁾

Kalsium dan Fosfat

Beberapa studi menunjukkan terapi glukokortikoid menghambat absorpsi kalsium dengan mempengaruhi sistem transpor kalsium di usus halus secara langsung. Dalam beberapa minggu setelah terapi glukokortikoid, terjadi peningkatan ekskresi kalsium di urin merupakan efek inhibisi resorpsi kalsium di tubulus.⁽³¹⁾

Vitamin D

Terjadi perubahan kadar 25-hydroxyvitamin D atau 24,25 dihydroxyvitamin D pada hari ke-2 hingga 15 setelah pemberian terapi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perubahan hormon paratiroid dan/atau konsentrasi serum fosfat.⁽³⁰⁾

Hormon Paratiroid

Peningkatan kadar hormon paratiroid karena glukokortikoid menstimulasi sekresi hormon paratiroid secara langsung.⁽³¹⁾

Hormon Seks

Hormon seks memiliki peran penting dalam metabolisme tulang. Glukokortikoid dapat menekan kadar testosteron plasma pada laki-laki. Penggunaan jangka panjang glukokortikoid menyebabkan penurunan kadar testosteron bebas sebesar 50%. Adanya penurunan kadar testosteron ini terjadi karena adanya

inhibisi sekresi gonadotropin dan berkurangnya *gonadotropin-binding sites* pada testis.⁽³¹⁾

2.1.4.4 Faktor Risiko

A. Faktor Risiko Tidak Dapat Dimodifikasi

- a) Usia (50 tahun atau lebih)
- b) Jenis Kelamin (wanita)
- c) Etnis Asia atau Kaukasia
- d) Riwayat Keluarga Osteoporosis
- e) Menopause/histerektomi

Wanita yang mengalami menopause sebelum usia 40 tahun memiliki risiko lebih tinggi mengalami fraktur dibandingkan dengan wanita menopause di atas usia 40 tahun.

- f) Penggunaan glukokortikoid jangka panjang
- g) Riwayat fraktur sebelumnya.⁽²¹⁾

B. Faktor Risiko Yang Dapat Dimodifikasi

- a) Indeks Massa Tubuh (IMT) di bawah atau sama dengan 19.
- b) Tidak berolahraga atau tidak aktif bergerak untuk jangka waktu lama.
- c) Gaya hidup seperti merokok, mengonsumsi minuman beralkohol, berkafein, dan bersoda secara berlebihan. Merokok menyebabkan hormon estrogen (hormon reproduksi yang menjaga kesehatan tulang) berkurang dalam tubuh. Kafein dan soda berpotensi mengurangi penyerapan kalsium dalam tubuh.

- d) Obat-obatan yang dikonsumsi, terutama yang berdampak pada kadar hormon seperti pengobatan kanker prostat dan penggunaan obat kortikosteroid.
- e) Sering jatuh
- f) Asupan nutrisi rendah
- g) Defisiensi vitamin D.⁽²¹⁾

2.1.4.5 Gambaran Klinis

Osteoporosis tidak memiliki gejala (silent disease). Gejala atau tanda yang terjadi adalah merupakan akibat dari fraktur akibat osteoporosis.

- a) Postur bungkuk

Postur punggung bungkuk seperti yang sering terlihat pada orang lanjut usia.

- b) Sakit punggung

Sakit punggung berkelanjutan dalam jangka waktu yang lama.

- c) Menurunnya tinggi badan

- d) Sering mengalami cedera atau keretakan tulang.⁽²¹⁾

2.1.4.6 Penegakan Diagnosis

- a. Riwayat klinis dan pemeriksaan fisik

Bagian ini fokus pada faktor risiko utama fraktur osteoporosis seperti usia dan riwayat fraktur osteoporosis sebelumnya. Faktor risiko lain yang harus diperhatikan meliputi berat badan rendah, riwayat fraktur pinggu keluarga, merokok, konsumsi alkohol yang berlebihan, terapi glukokortikoid dalam

jangka waktu lama, dan penyakit-penyakit yang berhubungan dengan osteoporosis sekunder.⁽²¹⁾

b. Pemeriksaan laboratorium

Darah lengkap, profil serum biokimia yang meliputi kalsium serum, fosfor, alkalin fosfatase (ALP), PTH, fungsi ginjal dan hati, 25-hydroxyvitamin D, dan kalsium urin. Pemeriksaan kalsium darah bertujuan untuk melihat adanya kemungkinan osteoporosis disebabkan hiperparatiroidisme, keganasan, atau defisiensi vitamin D. ALP berfungsi melihat adanya peningkatan aktivitas pembentukan tulang yang umumnya dijumpai pada penyakit Paget, osteomalasia, atau metastasis tulang. Namun, ALP tidak cukup sensitif untuk melihat kecukupan nutrisi vitamin D. PTH diperiksa untuk mencari penyebab abnormalitas nilai kalsium darah.⁽²¹⁾

c. Radiologi

Gambaran radiologi pada osteoporosis bertujuan untuk mengukur tingkatan kepadatan tulang dan diagnosis. Gambaran radiologi yang khas pada osteoporosis adalah penipisan pada korteks dan trabekular yang lebih lusen. Salah satu penilaian osteoporosis adalah dengan melihat pola trabekula tulang calcaneus yang disebut indeks *Jhamaria*.⁽²¹⁾

d. Penilaian kepadatan tulang

Penilaian kepadatan tulang dilakukan secara “*gold standard*” menggunakan *Dual Energy X-ray Absorptiometry* (DXA). WHO dan IOF merekomendasikan DXA yang diaplikasikan di femoral neck karena memiliki nilai prediksi tertinggi untuk mengukut faktor risiko. Tulang belakang tidak digunakan untuk diagnosis pada orang berusia lanjut karena

tingginya prevalensi perubahan degeneratif tulang sehingga meningkatkan nilai densitas tulang. Sebaliknya, tulang belakang digunakan untuk evaluasi respon terapi. WHO menggolongkan osteoporosis dan osteopenia berdasarkan skor T dari DXA. Skor T kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata kepadatan tulang untuk dewasa muda dan perbedaan dinyatakan sebagai *standard deviation* (SD). Sebagian besar individu dapat mengalami fraktur osteoporosis meskipun nilai T-score di atas -2,5, khususnya pada keadaan osteopenia.⁽²¹⁾

Tabel 3. Kategori diagnostik osteoporosis. Berdasarkan kriteria WHO.⁽²⁰⁾

Category	Definition by bone density
Normal	A value for BMD that is not more than 1 SD below the young adult mean value
Osteopenia	A value for BMD that lies between 1 SD and 2,5 SD below the young adult mean value
Osteoporosis	A value for BMD that is more than 2,5 SD below the young adult mean value
Svere (established) osteoporosis	A value for BMD more than 2,5 SD below the young adult mean value in the presence of one or more fragility fractures

2.1.4.7 Pencegahan

a) Konsumsi makanan kaya akan kandungan kalsium karena kalsium adalah salah satu zat pembentuk tulang. Makanan yang kaya kalsium antara lain: teri, brokoli, tempe, dan tahu.

Tabel 4. Asupan kalsium per hari.⁽²²⁾

	Usia	Rekomendasi Asupan Kalsium (mg)
Bayi	0-6 bulan	400
	6-12 bulan	600
Anak	1-5 tahun	800
	6-10 tahun	800-1200
Remaja	11-24 tahun	1200-1500
Pria	25-65 tahun	1000
	Di atas 65 tahun	1500
Wanita	25-65 tahun	1000
	Di atas 50 tahun (setelah menopause) - suplemen estrogen	1000
	Tanpa suplemen estrogen	1500
	Hamil atau menyusui	1200-1500

Tabel 5. Jenis suplementasi vitamin D.⁽²²⁾

Jenis suplemen	Sediaan dan dosis	Keterangan
Klasitriol (1,25-dihidroxyvitamin D3)	20000-50000 IU/minggu selama 3 bulan PO	Merupakan bentuk aktif vitamin D3
Ergokalsiferol (vitamin D2)	40000 IU/minggu selama 8 minggu. Maintenance: 50000 IU tiap 2-4 minggu atau 1000 IU/hari PO	Menjadi pilihan untuk kelompok vegetarian
Cholecalciferol (vitamin D3)	600-800 IU/hari selama 4 bulan PO	Pilihan terbaik untuk pasien defisiensi vitamin D
Alphacalcidol (derivat vitamin D3)	0,25 mcg/hari selama 2 bulan, lalu dinaikkan menjadi 0,5-1 mcg/hari	Pilihan terbaik untuk penderita penyakit ginjal kronik

b) Beraktivitas dan latihan fisik secara rutin dan teratur. Olahraga meningkatkan integritas tulang dengan cara mempertahankan apa yang telah dimiliki. Olahraga dapat membantu mengurangi jatuh dengan cara meningkatkan tonus otot dan keseimbangan.

c) Haid teratur

d) Cukup paparan sinar matahari (vitamin D). Pagi hari pukul 09.00 WIB, selama 5 menit terlebih dahulu, naikan bertahap maksimal 15 menit, 2-3 kali/seminggu. Area yang dijemur adalah kedua lengan dan tungkai, lindungi anggota tubuh lainnya, hindari area kepala dan leher (gunakan topi dan tabir surya)

e) Hindari rokok dan minuman beralkohol, serta kafein secara berlebihan.

f) Asupan protein yang cukup

Anda harus makan 200 hingga 300 gram daging, ikan, unggas, tahu dan produk kedelai per hari.⁽⁷⁾ Akan tetapi, konsumsi protein yang terlalu banyak akan mengakibatkan penurunan kalsium.⁽³⁾

2.1.5 Konsep Protein

2.1.5.1 Definisi

Protein (akar kata proteos dari bahasa Yunani yang berarti "yang paling utama") adalah senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Molekul protein mengandung karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan kadang kala sulfur serta fosfor. Protein berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus.⁽²¹⁾

Molekul protein mengandung unsur-unsur C, H, O, dan unsur khusus yang terdapat di dalam protein dan tidak terdapat di dalam molekul karbohidrat dan lemak ialah nitrogen (N). Bahkan dalam analisa bahan makanan dianggap bahwa semua N berasal dari protein, suatu hal yang tidak benar.⁽²¹⁾

2.1.5.2 Klasifikasi

Protein dapat digolongkan menurut struktur susunan molekulnya, kelarutannya, adanya senyawa lain dalam molekul, tingkat degradasi, dan fungsinya.⁽²²⁾

A. Berdasarkan struktur susunan molekul

a. Protein fibriler/skleroprotein adalah protein yang berbentuk serabut, tidak larut dalam pelarut-pelarut encer garam, basa,

asam maupun alkohol fungsinya membentuk struktur bahan dan jaringan. Contoh : kolagen yang terdapat pada tulang rawan, miosin pada otot, keratin pada rambut, fibrin pada gumpalan darah

b. Protein globular / sferoprotein yaitu protein yang berbentuk bola larut dalam larutan asam dan garam encer, mudah berubah (terdenaturasi) di bawah pengaruh suhu. Protein ini banyak terdapat pada bahan pangan seperti susu, telur, dan daging, enzim dan hormon

c. Protein konjugasi

Protein konjugasi adalah protein sederhana yang terikat dengan bahan-bahan non-asam amino. Bentuk protein konjugasi antara lain: *nukleoprotein, lipoprotein, fosfoprotein, metaloprotein, hemoprotein, dan flavoprotein.*⁽²²⁾

B. Berdasarkan kelarutan

Menurut kelarutan, protein globuler dapat dibagi dalam beberapa grup, yaitu albumin, globulin, glutelin, prolamin, histon, dan protamin

a. Albumin : larut dalam air dan terkoagulasi oleh panas. Contoh : albumin telur, albumin serum, dan laktalbumin dalam susu.

b. Globulin : tidak larut dalam air, terkoagilasi oleh panas, larut dalam larutan garam encer, dan mengendap dalam larutan garam konsenrasi tinggi. Contoh : miosinogen dalam otot, ovoglobulin dalam kuning telur, amandin dari buah almonds, legumin dalam kacang-kacangan.

c. Glutelin tidak larut dalam pelarut netral tetapi larut dalam asam / basa encer. Contoh gluteinin dalam gandum dan orizenin dalam beras.

d. Prolamin atau gliadin larut dalam alkohol 70-80% dan tidak larut dalam air maupun alkohol. Contoh gliadin dalam gandum, hordain dalam barley, dan zein pada jagung.

e. Histon : larut dalam air dan tidak larut dalam amonia encer. Contoh globin dalam hemoglobin.

f. Protamin larut dalam air dan tidak terkoagulasi oleh panas. Contoh Salmin dalam ikan salmon.⁽²²⁾

C. Berdasarkan komponen-komponen yang menyusun protein

a. Protein bersahaja (simple protein)

Hasil hidrolisa total protein jenis ini merupakan campuran yang hanya terdiri atas asam-asam amino.

b. Protein kompleks (complex protein, conjugated protein)

Hasil hidrolisa total dari protein jenis ini, selain terdiri atas berbagai jenis asam amino, juga terdapat komponen lain, misalnya unsur logam, gugusan phospat, dan sebagainya. (Contoh: hemoglobin, lipoprotein, glikoprotein, dan sebagainya).

c. Protein derivat (*protein derivative*)

Ini merupakan ikatan antara (intermediate product) sebagai hasil hidrolisa parsial dari protein native, misalnya albumosa, peptone, dan sebagainya.⁽²²⁾

D. Berdasarkan sumbernya

a. Protein hewani

Yaitu protein dalam bahan makanan yang berasal dari binatang, seperti protein dari daging, protein susu, telur, unggas, ikan, kerang, dan sebagainya. Protein hewani pada umumnya mempunyai susunan asam amino yang paling sesuai untuk kebutuhan manusia. Akan tetapi harganya relatif mahal. Untuk menjamin mutu protein dalam makanan sehari-hari, dianjurkan sepertiga bagian protein yang dibutuhkan berasal dari protein hewani. Catatan Biro Pusat Statistik pada tahun 1999, menunjukkan secara nasional konsumsi protein sehari rata-rata penduduk Indonesia adalah 48,7 gram sehari. Ini telah melebihi standar kecukupan protein sehari (45 gram)

b. Protein nabati

Ialah protein yang berasal dari bahan makanan tumbuhan, kacang kedelai dan hasilnya, seperti tempe dan tahu, serta kacang-kacangan lain. Kontribusi rata-rata terhadap konsumsi protein hanya 9,9%.⁽²²⁾

E. Berdasarkan fungsi fisiologi

Protein-protein ini disebut juga berturut-turut sebagai protein lengkap, protein setengah lengkap, dan protein tidak lengkap.

a. Protein sempurna (lengkap)

Protein ini sanggup mendukung pertumbuhan badan dan pemeliharaan jaringan. Jenis protein inilah yang diperlukan oleh anak-anak yang sedang tumbuh (BALITA) pesat.

b. Protein setengah sempurna (setengah lengkap)

Protein ini sanggup mendukung pemeliharaan jaringan orang dewasa yang tidak lagi menunjukkan adanya pertumbuhan badan, tetapi masih memerlukan pemeliharaan jaringan yang rusak atau aus terpakai. Tetapi jenis protein yang tidak sanggup mendukung pertumbuhan ini tidak baik bagi anak-anak yang masih memerlukan pertumbuhan tersebut.

c. Protein tidak sempurna (tidak lengkap)

Protein ini sama sekali tidak sanggup menyokong pertumbuhan badan, maupun pemeliharaan jaringan. Meskipun dikonsumsi dalam jumlah besar, kualitas protein ini akan dibakar untuk menghasilkan energi dan tidak ada yang dipergunakan untuk sintesa protein tubuh yang diperlukan untuk pertumbuhan maupun pemeliharaan jaringan.⁽²²⁾

2.1.5.3 Fungsi

Protein mempunyai bermacam-macam fungsi bagi tubuh, yaitu sebagai enzim, zat pengatur pergerakan, pertahanan tubuh, alat pengangkut, dan lain-lain.

a. Pertumbuhan dan pemeliharaan

Sebelum sel-sel dapat mensintesis protein baru, harus tersedia semua asam amino esensial yang diperlukan dan cukup nitrogen atau ikatan amino guna pembentukan asam-asam amino nonesensial yang diperlukan. Pertumbuhan atau penambahan otot hanya mungkin bila tersedia cukup campuran asam amino yang sesuai termasuk untuk pemeliharaan dan perbaikan. Beberapa jenis jaringan tubuh membutuhkan asam-asam amino tertentu dalam jumlah besar. Rambut, kulit, dan

kuku membutuhkan lebih banyak asam amino yang mengandung sulfur. Protein kolagen merupakan protein utama otot, urat-urat, dan jaringan ikat. Fibrin dan miosin adalah protein lain yang terdapat di dalam otot-otot.

b. Sebagai Enzim

Hampir semua reaksi biologis dipercepat atau dibantu oleh enzim. Komponen terbesar enzim adalah protein. Alat Pengangkut dan Alat Penyimpan Banyak molekul dengan BM kecil serta beberapa ion dapat diangkut atau dipindahkan oleh protein-protein tertentu. Misalnya hemoglobin mengangkut eritrosit, mioglobin mengangkut oksigen dalam otot. Ion besi diangkut dalam plasma darah oleh transferin.

c. Pengatur Pergerakan

Gerakan otot terjadi karena adanya dua molekul protein yang saling bergeseran. Pergerakan flagela sperma disebabkan oleh protein.

d. Pembentukan ikatan-ikatan esensial tubuh

Hormon-hormon seperti tiroid, insulin dan epinefrin adalah protein, demikian pula berbagai enzim. Ikatan-ikatan ini bertindak sebagai katalisator atau membantu perubahan-perubahan biokimia yang terjadi di dalam tubuh.

e. Pertahanan tubuh (pembentukan antibodi)

Pertahanan tubuh biasanya dalam bentuk antibodi, yaitu suatu protein khusus yang dapat mengenal dan menempel atau mengikat benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh seperti virus, bakteri, dan sel-sel asing lain. Protein ini pandai

sekali membedakan benda-benda yang menjadi anggota tubuh dengan benda-benda asing.

f. Media perambatan impuls syaraf

Protein yang mempunyai fungsi ini biasanya berbentuk reseptor, misalnya rodopsin, suatu protein yang bertindak sebagai reseptor penerima warna atau cahaya pada sel-sel mata. Pengendalian Pertumbuhan Protein ini bekerja sebagai reseptor (dalam bakteri) yang dapat mempengaruhi fungsi bagian-bagian DNA yang mengatur sifat dan karakter bahan..

g. Mengatur keseimbangan air

Cairan tubuh terdapat di dalam tiga kompartemen: intraseluler (di dalam sel), ekstraseluler/interaseluler (di antara sel), dan intravaskular (di dalam pembuluh darah). kompartemen-kompartemen ini dipisahkan satu sama lain oleh membran sel. Distribusi cairan di dalam kompartemen-kompartemen ini harus dijaga dalam keadaan seimbang atau homeostasis. Keseimbangan ini diperoleh melalui sistem kompleks yang melibatkan protein dan elektrolit. Penumpukan cairan di dalam jaringan dinamakan edema dan merupakan tanda awal kekurangan protein.

h. Memelihara Netralitas Tubuh

Protein tubuh bertindak sebagai *buffer*, yaitu bereaksi dengan asam dan basa untuk menjaga PH pada taraf konstan. Sebagian besar jaringan tubuh berfungsi dalam keadaan H netral atau sedikit alkali (PH 7,35-7,45).

i. Mengangkut Zat-zat Gizi

Protein memegang peranan esensial dalam mengangkut zat-zat gizi dari saluran cerna melalui dinding saluran cerna ke dalam darah, dari darah ke jaringan-jaringan, dan melalui membran sel ke dalam sel-sel. Sebagian besar bahan yang mengangkut zat-zat gizi ini adalah protein. Alat angkut protein ini dapat bertindak secara khusus, misalnya protein pengikat-retinol yang hanya mengangkut vitamin A atau dapat mengangkut beberapa jenis zat gizi seperti mangan dan zat besi, yaitu transferin; atau mengangkut lipida dan bahan sejenis lipida, yaitu lipoprotein.

j. Sumber energi

Sebagai sumber energi, protein ekuivalen dengan karbohidrat, karena menghasilkan 4 kkal/gram protein. Namun, protein sebagai sumber energi relatif lebih mahal, baik dalam harga maupun dalam jumlah energi yang dibutuhkan untuk metabolisme energi.

k. Pembentuk Tulang

Tulang adalah jaringan aktif yang secara metabolik mengalami remodeling secara kontinyu oleh dua proses, yaitu pembentukan (formasi) dan penyerapan (resorpsi) tulang. Proses ini bergantung pada aktivitas osteoklas, osteoblas, dan osteofit. Penanda formasi tulang yang baik dihasilkan oleh produk dari neosintesis kolagen (misalnya propeptida dari kolagen tipe I) atau protein terkait osteoblas seperti osteocalcin (OC) dan alkalin phosphatase (AP).^(22,23)

2.1.4.4 Kadar Protein Beberapa Bahan Makanan

Tabel 6. Daftar komposisi bahan makanan.⁽²⁴⁾

Protein Hewani	Berat Makanan (gram)	Kadar Protein (g%)	Protein Nabati	Ukuran Rumah Tangga (URT)	Kadar Protein (g%)
Daging sapi rendang	40	9,04		Besar (80 gram)	7,76
	60	13,56	Tahu goreng	Sedang (40 gram)	3,88
Daging sapi goreng/ Empal	50	18,10		Kecil (20 gram)	1,94
Semur daging sapi	50	6,35	Semur tahu	70 (1 buah)	67,9
Daging burger	30 (1 iris)	3,18		30 (Segitiga)	6
Daging kornet	25 (1 sdm)	4	Tempe goreng	50 (Besar)	10
Ayam goreng kepala	60 (1 buah)	19,38		Sedang (25)	5
Ayam goreng dada tanpa tepung	60 (dada atas)	22,74	Tempe orek	15 (1 sdm)	3
	50 (dada bawah)	18,95	Kacang merah	10 (1 sdm)	1
	30 (sayap)	11,37		30 (1sds)	3
Ayam goreng tepung dada atas	100	34,2	Kacang tanah rebus	10 (1 piring)	31,40

Ayam goreng tepung dada mentok	170		58,14
Ayam goreng paha	40 (paha atas)		14,96
	30 (paha bawah)		11,22
Ayam goreng tepung paha atas	100		32,10
Ayam goreng tepung paha bawah	70		22,47
Ayam goreng tepung sayap	60		21,54
Ayam ceker rebus	15 (1 buah)		2,85
Ayam suir	10 (1 sdm)		0,8
Rempela	15 (Rempela)		4,845
	30 (Hati ayam)		4,8
	5 (Jantung)		8,22
Sate hati ayam	30 (1 tusuk)		8,22
Sate usus ayam	20 (1 tusuk)		9,04
Sate ayam	50 (5 tusuk)		97,7
Sate	10 (1)		1,66

kambing	tusuk)	
Ikan bandeng goreng	25 (ekor)	5
	40 (badan)	8
	40 (kepala)	8
Ikan badeng kuah	30 (kepala)	6
	50 (badan)	10
	40 (ekor)	8
Ikan kembung goreng	40 (kecil)	10,65
	60 (sedang)	15,98
	100 (besar)	26,63
Ikan kakap goreng	40 (ekor)	8
	40 (badan)	8
	50 (kepala)	10
Ikan kakap kuah	100 (ekor)	20
	80 (badan)	16
	50 (kepala)	13
Ikan mas pepes	130 (sedang)	19,76
	100 (kecil)	15,2
Ikan mas goreng	130 (besar)	19,76
	120 (sedang)	18,24
	40 (kecil)	6,08
Ikan bawal bakar	100 (kecil)	19,0
	150 (sedang)	28,5
Bandeng presto	100 (kepala)	17,10
	100 (ekor)	17,10

Ikan tenggiri bumbu kuning	75 (1 potong)	14,475
Ikan sarden kaleng	70 (sedang)	13,93
	20 (kecil)	3,98
Ikan teri segar goreng	10 (1 sdm)	1,03
	50 (1 piring)	5,15
Ikan asin teri goreng	10 (teri jamrong)	3,25
	10 (teri nasi)	3,25
Ikan nila/mujair	40 (sedang)	18,76
	25 (kecil)	11,73
Ikan gurame goreng	70 (kepala)	8,89
	65 (badan)	8,26
	40 (ekor)	5,08
Ikan lele goreng	70 (besar)	12,929
	40 (sedang)	7,388
	30 (kecil)	5,541
Ikan tongkol segar goreng	60 (kepala)	8,22
	60 (badan)	8,22
	70 (ekor)	8,22
Ikan tongkol pindang goreng dan balado	60 (1 ekor)	8,22
Cumi kuah sero	30 (sedang)	12,18

	16 (kecil)	6,496
Cumi sotong rebus	40 (sedang)	16,24
	20 (kecil)	8,12
Udang goreng	50 (5 ekor berat)	15,44
	30 (5 ekor kecil)	9,26
Bakso rebus	90 ((besar)	1,8
	15 (sedang)	0,3
	5 (kecil)	0,1
Nugget goreng	20 (1 buah)	0,6
Abon sapi	10 (1 sdm)	1,46
Telur ceplok balado	60 (1 butir)	9,78
Telur dadar	60 (1 butir)	9,78
Telur rebus balado	60 (1 butir)	9,78
Telur puyuh	10 (1 butir)	1,07
Susu bubuk	20 (2 sdm)	4,92
Susu cair	200 (1 gelas)	4,92
	200 (1 kotak besar)	6,4
	125 (1 kotak kecil)	4

2.1.4.5 Pencernaan Protein

Sebagai besar protein dicernakan menjadi asam amino, selebihnya menjadi tripeptida dan dipeptida..

Tabel 7. Pencernaan protein.⁽²²⁾

Saluran cerna	Pencernaan dan Absorpsi
Mulut	Mengunyah, makanan bercampur dengan air ludah dan ditelan
Esofagus	Tidak ada pencernaan
Lambung	Asam lambung membuka molekul protein dan mengaktifkan enzim lambung Protein protease lambung, HCL polipeptida lebih pendek → Pepsin (protease dan pepton)
Usus halus	Polipeptida protease pankreas dipeptida, tripeptida → Enterokinase, tripsin dan asam amino (diserap)
	Peptida dipeptidase dan asam amino bebas (diserap) → Tripeptidase mukosa usus halus

Tabel 8. Daftar enzim yang berkaitan dengan pencernaan protein.⁽²²⁾

Lokasi	Enzim Pencernaan Protein	Prekursor	Aktivator
Lambung	Protease lambung berupa pepsin	Pepsinogen HCl	Pepsin
Usus halus	Protease pankreas berupa: <input checked="" type="checkbox"/> Tripsin <input checked="" type="checkbox"/> Kimotripsin <input checked="" type="checkbox"/> Karboksipeptidase <input checked="" type="checkbox"/> Elastase Amino peptidase mukosa usus halus: <input checked="" type="checkbox"/> Tripeptidase <input checked="" type="checkbox"/> Dipeptidase	Tripsinogen Kimotripsinogen Prokarsinopeptidase Proelastase - -	Enterokinase dan tripsin Tripsin Tripsin Tripsin - -

2.1.4.6 Angka Kecukupan Protein

Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia yang selanjutnya disingkat AKG adalah suatu nilai yang menunjukkan kebutuhan rata-rata zat gizi tertentu yang harus dipenuhi setiap hari bagi hampir semua orang dengan karakteristik tertentu yang meliputi umur, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis, untuk hidup sehat. Rata-rata angka kecukupan protein bagi masyarakat Indonesia sebagaimana

dimaksud pada ayat (1) sebesar 57 (lima puluh tujuh) gram per orang per hari pada tingkat konsumsi.⁽⁷⁾

Tabel 9. Angka kecukupan energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, dan air yang dianjurkan (per orang per hari).⁽⁷⁾

Kelompok umur	Berat badan (kg)	Tinggi badan (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)			Karbohidrat (g)	Serat (g)	Air (g)
					Total	Omega 3	Omega 6			
Bayi/anak										
0-5 bulan	6	60	550	9	31	0,5	4,4	59	0	700
6-11 bulan	9	72	800	15	35	0,5	4,4	105	11	900
1-3 tahun	13	92	1350	20	45	0,7	7	215	19	1150
4-6 bulan	19	113	1400	25	50	0,9	10	220	20	1450
7-9 bulan	27	130	1650	40	55	0,9	10	250	23	1650
Laki-laki										
10-12 tahun	36	145	2000	50	65	1,2	12	300	28	1850
13-15 tahun	50	163	2400	70	80	1,6	16	350	34	2100
16-18 tahun	60	168	2650	75	85	1,6	16	400	37	2300
19-29 tahun	60	168	2650	65	75	1,6	17	430	37	2500
30-49	60	166	2550	65	70	1,6	17	415	36	25

tahun										00
50-64 tahun	60	166	2150	65	60	1,6	14	340	30	2500
65-80 tahun	58	164	1800	64	50	1,6	14	275	25	1800
80 + tahun	58	164	1600	64	45	1,6	14	235	22	1600
Perempuan										
10-12 tahun	38	147	1900	55	65	1,0	10	280	27	1850
13-15 tahun	48	156	2050	65	70	1,1	11	300	29	2100
16-18 tahun	52	159	2100	65	70	1,1	11	300	29	2150
19-29 tahun	55	159	2250	60	65	1,1	12	360	32	2350
30-49 tahun	56	158	2150	60	60	1,1	12	340	30	2350
50-64 tahun	56	158	1800	60	50	1,1	11	280	25	2350
65-80 tahun	53	157	1550	58	45	1,1	11	230	22	1550
80+ tahun	53	157	1400	58	40	1,1	11	200	20	1400
Hamil (+an)										
Trimester 1			+180	+1	+2,3	+0,3	+2	+25	+3	+300
Trimester 2			+300	+10	+2,3	+0,3	+2	+40	+4	+300
Trimester 3			+300	+30	+2,3	+0,3	+2	+40	+4	+300

Menyusui (+an)										
6 bln pertama			+330	+20	+2,2	+0,2	+2	+45	+5	+800
6 bln kedua			+400	+15	+2,2	+0,2	+2	+55	+6	+650

2.1.4.7 Pengukuran Asupan Protein

Data asupan protein, kalsium, fosfor, dan magnesium diperoleh melalui wawancara langsung dengan remaja putri menggunakan semi quantitative food frequency questionnaire (SQFFQ). Metode frekuensi makanan sering juga disebut FFQ (*Food Frequency Questionnaire*) adalah metode untuk mengetahui atau memperoleh data tentang pola dan kebiasaan makan individu pada kurun waktu tertentu, biasanya satu bulan, tetapi dapat juga 6 bulan atau satu tahun terakhir. Terdapat dua bentuk metode frekuensi makanan yaitu metode FFQ kualitatif dan metode FFQ semi kuantitatif.⁽²³⁾

a. Metode frekuensi makanan kualitatif

Metode frekuensi makanan kualitatif sering disebut sebagai metode FFQ. Metode ini tergolong pada metode kualitatif, karena pengukurannya menekankan pada frekuensi makan. Informasi yang diperoleh merupakan pola dan kebiasaan makan (*habitual intakes*). Konsumsi makanan yang ditanyakan adalah yang spesifik untuk zat gizi tertentu, makanan tertentu, atau kelompok makanan tertentu.⁽²³⁾

b. Metode frekuensi makanan semikuantitatif

Metode frekuensi semikuantitatif (Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire) sering disingkat SFFQ adalah metode untuk mengetahui gambaran kebiasaan asupan gizi individu pada kurun waktu tertentu. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui rata-rata asupan zat gizi dalam sehari pada individu. Metode SFFQ sama dengan FFQ, yang membedakan adalah responden ditanyakan juga tentang rata-rata besaran atau ukuran setiap kali makan. Ukuran makanan yang dikonsumsi setiap kali makan dapat dalam bentuk berat atau ukuran rumah tangga (URT). Dengan demikian dapat diketahui rata-rata berat makanan dalam sehari, selanjutnya dapat dihitung asupan zat gizi perhari dengan bantuan daftar komposisi bahan makanan (DKBM) atau daftar penukar atau software komputer.⁽²³⁾

2.1.6 Konsep Remaja

2.1.6.1 Definisi

Remaja berasal dari kata latin *adolensence* yang berarti tumbuh atau tumbuh menjadi dewasa. Istilah *adolensence* mempunyai arti yang lebih luas lagi yang mencakup kematangan mental, emosional sosial dan fisik. Pada masa ini sebenarnya tidak mempunyai tempat yang jelas karena tidak termasuk golongan anak tetapi tidak juga golongan dewasa atau tua.⁽²⁸⁾

Masa remaja adalah masa terjadinya krisis identitas atau pencarian identitas diri. Gagasan Erickson ini dikuatkan oleh James Marcia yang menemukan bahwa ada empat status identitas diri pada remaja yaitu *identity diffusion/ confusion, moratorium, foreclosure, dan identity achieved*.⁽²⁸⁾

Santrock (2003) bahwa adolescence diartikan sebagai masa perkembangan transisi antara masa anak dan masa dewasa yang mencakup perubahan biologis, kognitif, dan sosial-emosional.⁽²⁸⁾

Menurut WHO, remaja adalah penduduk dalam rentang usia 10-19 tahun, menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 25 tahun 2004, remaja adalah penduduk dalam rentang usia 10-18 tahun dan menurut Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana (BKKBN) rentang usia remaja adalah 10-24 tahun dan belum menikah.⁽²⁸⁾

2.1.6.2 Tahap-tahap Perkembangan dan Batasan Remaja

Menurut Kartono (1990), dibagi tiga yaitu:

a) Remaja Awal (12-15 Tahun)

Pada masa ini, remaja mengalami perubahan jasmani yang sangat pesat dan perkembangan intelektual yang sangat intensif sehingga minat anak pada dunia luar sangat besar dan pada saat ini remaja tidak mau dianggap kanak-kanak lagi namun sebelum bisa meninggalkan pola kekanak-kanakannya. Selain itu pada masa ini remaja sering merasa sunyi, ragu-ragu, tidak stabil, tidak puas dan merasa kecewa.⁽²⁸⁾

b) Remaja Pertengahan (15-18 Tahun)

Kepribadian remaja pada masa ini masih kekanak-kanakan tetapi pada masa remaja ini timbul unsur baru yaitu kesadaran akan kepribadian dan kehidupan badaniah sendiri. Remaja mulai menentukan nilai-nilai tertentu dan melakukan perenungan terhadap pemikiran filosofis dan etis. Bermula dari perasaan yang penuh keraguan pada masa remaja awal maka pada rentan usia ini mulai timbul kemantapan pada diri sendiri. Rasa Percaya diri pada remaja menimbulkan kesanggupan pada

dirinya untuk melakukan penilaian terhadap tingkah laku yang dilakukannya. Selain itu pada masa ini remaja menemukan diri sendiri atau jati dirinya.⁽²⁸⁾

c) Remaja Akhir (18-21 Tahun)

Pada masa ini remaja sudah mantap dan stabil. Remaja sudah mengenal dirinya dan ingin hidup dengan pola hidup yang digariskan sendiri dengan keberanian. Remaja mulai memahami arah hidupnya dan menyadari tujuan hidupnya. Remaja sudah mempunyai pendirian tertentu berdasarkan satu pola yang jelas yang baru ditemukannya.⁽²⁸⁾

Delapan tahap/fase perkembangan kepribadian menurut Erikson memiliki ciri utama setiap tahapnya adalah di satu pihak bersifat biologis dan di lain pihak bersifat sosial, yang berjalan melalui krisis diantara dua polaritas.⁽²⁸⁾

Tabel 10. Delapan tahap/fase perkembangan kepribadian menurut Erikson.⁽²⁵⁾

Development Stage	Basic Components
Infancy (0-1 tahun)	Trust vs Mistrust
Early childhood (1-3 tahun)	Autonomy vs Shame, Doubt
Preschool age (4-5 tahun)	Initiative vs Guilt
School age (6-11 tahun)	Industry vs Inferiority
I Adolescence (12-20 tahun)	Identity vs Identity Confusion
d Young adulthood (21-40 tahun)	Intimacy vs Isolation
e Adulthood (41-65 tahun)	Generativity vs Stagnation
n Senescence (+65 tahun)	Ego Integrity vs Despair

t

Tahap kelima merupakan tahap adolesten (remaja), yang dimulai pada saat masa puber dan berakhir pada usia 18 atau 20 tahun. Masa Remaja (adolescence) ditandai adanya kecenderungan identity – Identity Confusion. Sebagai persiapan ke arah kedewasaan didukung pula oleh kemampuan dan kecakapan-kecakapan yang dimilikinya dia berusaha untuk membentuk dan memperlihatkan identitas diri, ciri-ciri yang khas dari dirinya. Dorongan membentuk dan memperlihatkan identitas diri ini, pada para remaja sering sekali sangat ekstrim dan berlebihan, sehingga tidak jarang dipandang oleh lingkungannya sebagai penyimpangan atau kenakalan. Dorongan pembentukan identitas diri yang kuat di satu pihak, sering diimbangi oleh rasa setia kawan dan toleransi yang besar terhadap kelompok sebayanya. Di antara kelompok sebaya mereka mengadakan pembagian peran, dan seringkali mereka sangat patuh terhadap peran yang diberikan kepada masing-masing anggota. Menurut Erikson masa ini merupakan masa yang mempunyai peranan penting, karena melalui tahap ini orang harus mencapai tingkat identitas ego, dalam pengertiannya identitas pribadi berarti mengetahui siapa dirinya dan bagaimana cara seseorang terjun ke tengah masyarakat. Lingkungan dalam tahap ini semakin luas tidak hanya berada dalam area keluarga, sekolah namun dengan masyarakat yang ada dalam lingkungannya.⁽²⁸⁾

2.1.6.3 Perkembangan Remaja

Masa remaja ditandai dengan adanya berbagai perubahan, baik secara fisik maupun psikis, yang mungkin saja dapat menimbulkan problema atau masalah tertentu bagi si remaja. Apabila tidak disertai dengan upaya pemahaman diri dan pengarahan diri secara tepat, bahkan dapat menjurus pada berbagai tindakan kenakalan remaja dan kriminal.⁽²⁹⁾

a) Perkembangan Fisik

Pada anak laki-laki tumbuhnya kumis dan jenggot, jakun dan suara membesar. Puncak kematangan seksual anak laki-laki adalah dalam kemampuan ejakulasi, pada masa ini remaja sudah dapat menghasilkan sperma. Ejakulasi ini biasanya terjadi pada saat tidur dan diawali dengan mimpi basah.⁽²⁸⁾

Pada anak perempuan tampak perubahan pada bentuk tubuh seperti tumbuhnya payudara dan panggul yang membesar. Puncak kematangan pada remaja wanita adalah ketika mendapatkan menstruasi pertama (menarche). Menstruasi pertama menunjukkan bahwa remaja perempuan telah memproduksi sel telur yang tidak dibuahi, sehingga akan keluar bersama darah menstruasi melalui vagina atau alat kelamin wanita.⁽²⁹⁾

b) Perkembangan Kognitif

Perkembangan kognitif adalah perubahan kemampuan mental seperti belajar, memori, menalar, berpikir, dan bahasa. Menurut Piaget, seorang remaja termotivasi untuk memahami dunia karena perilaku adaptasi secara biologis mereka. Dalam pandangan Piaget, remaja secara aktif membangun dunia kognitif mereka, di mana informasi yang didapatkan tidak langsung diterima begitu saja ke dalam skema kognitif mereka. Remaja telah mampu membedakan antara hal-hal atau ideide yang lebih penting dibanding ide lainnya, lalu remaja juga mengembangkan ideide ini. Seorang remaja tidak saja mengorganisasikan apa yang dialami dan diamati, tetapi remaja mampu mengolah cara berpikir mereka sehingga memunculkan suatu ide baru. Kekuatan pemikiran remaja yang

sedang berkembang membuka cakrawala kognitif dan cakrawala sosial baru. Pemikiran mereka semakin abstrak (remaja berpikir lebih abstrak daripada anak-anak), logis (remaja mulai berpikir seperti ilmuwan, yang menyusun rencana-rencana untuk memecahkan masalah-masalah dan menguji secara sistematis pemecahan-pemecahan masalah), dan idealis (remaja sering berpikir tentang apa yang mungkin. Mereka berpikir tentang ciri- ciri ideal diri mereka sendiri, orang lain, dan dunia); lebih mampu menguji pemikiran diri sendiri, pemikiran orang lain, dan apa yang orang lain pikirkan tentang diri mereka;serta cenderung menginterpretasikan dan memantau dunia sosial. Masa remaja awal (sekitar usia 11 atau 12 sampai 14 tahun), transisi keluar dari masa kanak-kanak,menawarkan peluang untuk tumbuh – bukan hanya dalam dimensi fisik, tetapi juga dalam kompetensi kognitif dan sosial.⁽²⁹⁾

c) Perkembangan Psikologi

Menurut Widiyastuti perubahan-perubahan yang berkaitan dengan kejiwaan pada remaja adalah:

a. Perubahan emosi. Perubahan tersebut berupa kondisi:

1. Sensitif atau peka misalnya mudah menangis, cemas, frustrasi, dan sebaliknya bisa tertawa tanpa alasan yang jelas. Utamanya sering terjadi pada remaja putri, lebih-lebih sebelum menstruasi.

2. Mudah bereaksi bahkan agresif terhadap gangguan atau rangsangan luar yang mempengaruhinya. Itulah sebabnya mudah terjadi perkelahian. Suka mencari perhatian dan bertindak tanpa berpikir terlebih dahulu.

3. Ada kecenderungan tidak patuh pada orang tua, dan lebih senang pergi bersama dengan temannya daripada tinggal di rumah.⁽²⁹⁾

b. Perkembangan intelegensia. Pada perkembangan ini menyebabkan remaja:

1. Cenderung mengembangkan cara berpikir abstrak, suka memberikan kritik.

2. Cenderung ingin mengetahui hal-hal baru, sehingga muncul perilaku ingin mencoba-coba. Tetapi dari semua itu, proses perubahan kejiwaan tersebut berlangsung lebih lambat dibandingkan perubahan fisiknya.⁽²⁹⁾

d) Perkembangan Emosi

Perkembangan emosi seseorang pada umumnya tampak jelas pada perubahan tingkah lakunya. Perkembangan emosi remaja juga demikian halnya. Kualitas atau fluktuasi gejala yang tampak dalam tingkah laku itu sangat tergantung pada tingkat fluktuasi emosi yang ada pada individu tersebut. Dalam kehidupan sehari-hari sering kita lihat beberapa tingkah laku emosional, misalnya agresif, rasa takut yang berlebihan, sikap apatis, dan tingkah laku menyakiti diri, seperti melukai diri sendiri dan memukul-mukul kepala sendiri. Sejumlah faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan emosi remaja adalah sebagai berikut:

a. Perubahan jasmani

b. Perubahan pola interaksi dengan orang tua

c. Perubahan pola interaksi dengan teman sebaya

d. Perubahan pandangan luar

e. Perubahan interaksi dengan sekolah.⁽²⁸⁾

2.1.7 Hubungan Konsumsi Protein dengan Osteoporosis

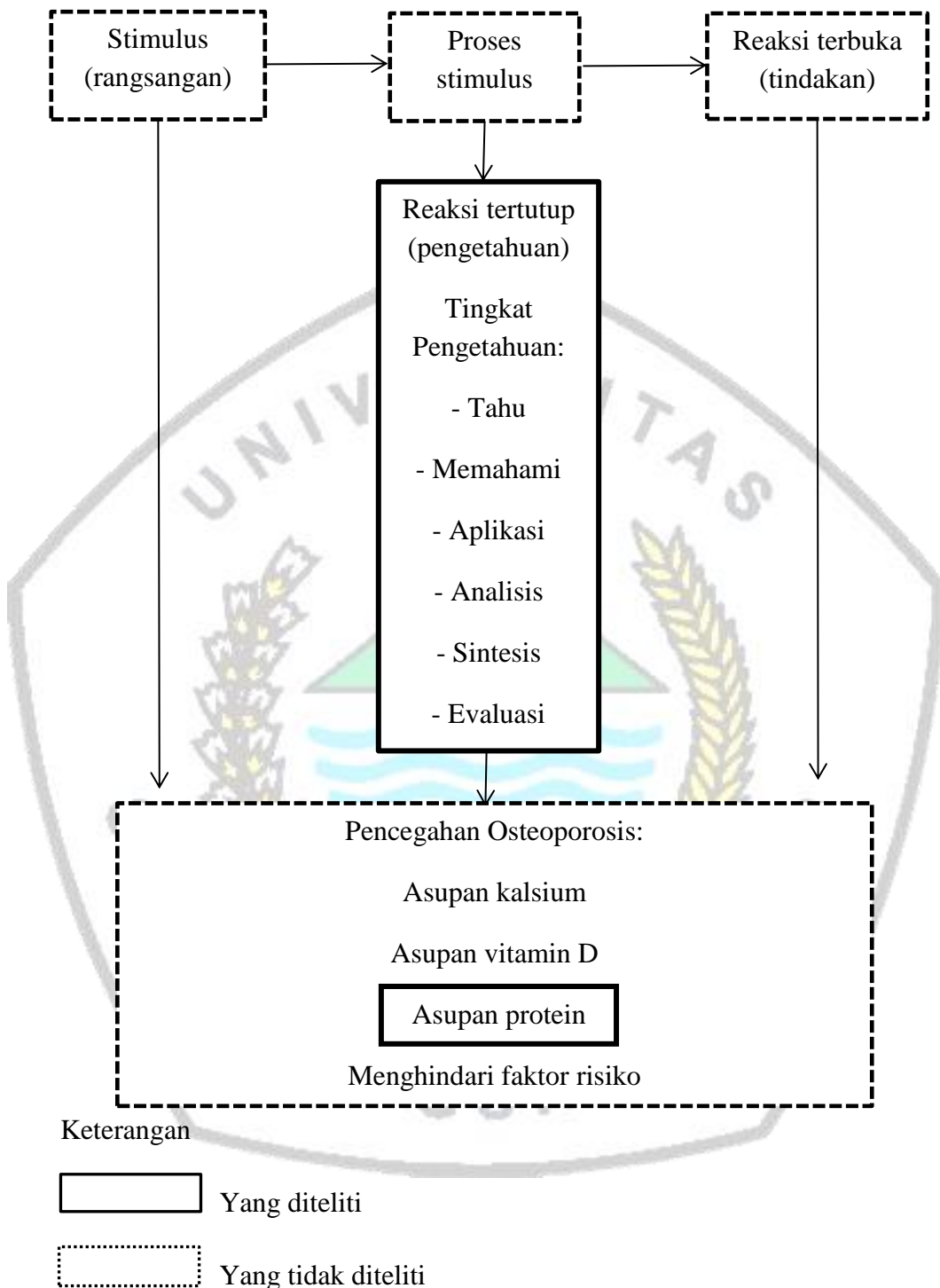
Pada tulang orang dewasa yang sehat, siklus remodelling menunjukkan koping yang erat antara reabsorpsi tulang dan pembentukan tulang. Oleh karena itu, beberapa penyakit tulang metabolik termasuk osteoporosis, hiper-paratiroidisme, penyakit paget dan osteoporosis ditandai dengan hilangnya koping tersebut. Osteoporosis merupakan konsekuensi dari (i) kegagalan untuk mencapai puncak massa tulang yang normal selama pertumbuhan, (ii) peningkatan relatif dalam reabsorpsi tulang selama masa dewasa atau (iii) pengurangan relatif dalam pembentukan tulang selama masa dewasa. Osteoporosis terjadi ketika kerusakan tulang lebih tinggi dibandingkan pembentukan tulang baru yang menghasilkan tulang keropos, artinya penurunan kepadatan tulang ke titik potensial untuk terjadinya fraktur. Tulang yang normal mengandung protein, kolagen, dan kalsium. Apabila tulang kekurangan zat-zat gizi tersebut, maka tulang akan mengalami keropos. Tulang yang telah keropos akan rentan mengalami fraktur, karena itu pencegahan penting dilakukan agar tulang tidak sampai mengalami keropos.^(15,16)

Asupan protein merupakan salah satu zat gizi yang diperlukan dalam pencapaian kepadatan tulang dengan membantu menstimulasi pembentukan kolagen matriks tulang. Sepertiga massa tulang dibentuk oleh protein dan akan terus mengalami perombakan selama hidup. Kolagen yang lepas selama proteolysis saat proses remodeling tidak dapat digunakan kembali menjadi matriks tulang baru, sehingga asupan protein yang cukup sangat diperlukan. Fungsi protein berikutnya adalah sebagai pengatur keseimbangan asam-basa. Protein terdiri dari asam amino, molekul organik dan mengandung paling sedikit satu gugus karboksil ($--COOH$) dan paling sedikit satu gugus amino ($--NH$); gugus-gugus ini adalah komponen fungsional sistem penyangga protein. Gugus karboksil yang bebas di salah satu ujung protein berfungsi

sebagai asam dengan mengeluarkan H^+ ketika PH meningkat. H^+ kemudian mampu bereaksi dengan setiap kelebihan OH^- dalam larutan untuk membentuk air. Gugus amino bebas di ujung protein yang lain dapat bekerja sebagai basa mengikat H^+ jika PH turun. Oleh sebab itu, asupan protein terlalu tinggi akan mempunyai efek yang bertentangan dengan keseimbangan kalsium, terutama pada protein hewani karena katabolismenya akan menghasilkan ion ammonium dan sulfat yang berasal dari asam amino yang mengandung sulfur sehingga menyebabkan keadaan darah dalam tubuh menjadi lebih asam (pH rendah). Kemudian, untuk menetralkannya diperlukan kalsium bikarbonat yang bersifat basa. Asupan protein yang terlalu rendah juga dapat mengakibatkan kepadatan tulang yang rendah. Apabila jumlah kalsium dalam darah tidak mencukupi, maka tubuh akan mengambil cadangan kalsium dalam tulang. Jika hal tersebut berlangsung dalam waktu yang lama maka kepadatan tulang akan menurun. Jadi, konsumsi protein harus cukup dalam artian tidak boleh terlalu rendah ataupun terlalu tinggi.^(13,14,17)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Anderson (2012), menyatakan bahwa protein memiliki banyak manfaat apabila diimbangi dengan konsumsi kalsium yang cukup. Tingginya asupan protein akan menyebabkan penurunan massa tulang melalui ekskresi kalsium dan metabolisme asam basa. Disebutkan juga bahwa konsumsi tinggi protein seiring dengan asupan kalsium sebanyak 800mg/hari atau setara dengan tiga gelas susu dapat menurunkan resiko patah tulang tetapi efek tersebut tidak berlaku apabila asupan kalsium tidak memadai.⁽¹⁷⁾

2.2 Kerangka Teori



Skema 2. Kerangka teori

Sumber: Lawrence Green dalam Suparyanto (2011), Notoatmodjo (2014).

2.3 Kerangka Konsep

Variabel bebas

Variabel terikat



Skema 3. Kerangka konsep

2.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Terdapat hubungan positif antara tingkat pengetahuan tentang osteoporosis dengan asupan protein remaja putri di Kota Bekasi. Hal ini berarti semakin tinggi tingkat pengetahuan seseorang tentang osteoporosis maka asupan protein untuk mencegah osteoporosis semakin cukup.