

TINJAUAN PUSTAKA

Konsumsi Pangan dan Kecukupan Gizi

Konsumsi pangan merupakan banyaknya atau jumlah pangan, secara tunggal maupun beragam, yang dikonsumsi seseorang atau sekelompok orang yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan fisiologis, psikologis dan sosiologis. Tujuan fisiologis adalah upaya untuk memenuhi keinginan makan (rasa lapar) atau untuk memperoleh zat-zat gizi yang diperlukan tubuh. Tujuan psikologis adalah untuk memenuhi kepuasan emosional atau selera, sedangkan tujuan sosiologis adalah untuk memelihara hubungan manusia dalam keluarga dan masyarakat (Sedioetama 1996). Konsumsi pangan merupakan faktor utama untuk memenuhi kebutuhan gizi yang selanjutnya bertindak menyediakan energi bagi tubuh, mengatur proses metabolisme, memperbaiki jaringan tubuh serta untuk pertumbuhan (Harper *et al.* 1986).

Konsumsi, jumlah dan jenis pangan dipengaruhi oleh banyak faktor. Menurut Harper *et al.* (1986), faktor-faktor yang sangat mempengaruhi konsumsi pangan adalah jenis, jumlah produksi dan ketersediaan pangan. Untuk tingkat konsumsi (Sedioetama 1996), lebih banyak ditentukan oleh kualitas dan kuantitas pangan yang dikonsumsi. Kualitas pangan mencerminkan adanya zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh yang terdapat dalam bahan pangan, sedangkan kuantitas pangan mencerminkan jumlah setiap gizi dalam suatu bahan pangan. Untuk mencapai keadaan gizi yang baik, maka unsur kualitas dan kuantitas harus dapat terpenuhi.

Apabila tubuh kekurangan zat gizi, khususnya energi dan protein, pada tahap awal akan menyebabkan rasa lapar dan dalam jangka waktu tertentu berat badan akan menurun yang disertai dengan menurunnya produktivitas kerja. Kekurangan zat gizi yang berlanjut akan menyebabkan status gizi kurang dan gizi buruk. Apabila tidak ada perbaikan konsumsi energi dan protein yang mencukupi, pada akhirnya tubuh akan mudah terserang penyakit infeksi yang selanjutnya dapat menyebabkan kematian (Hardinsyah dan Martianto 1992).

Kecukupan gizi adalah rata-rata asupan gizi harian yang cukup untuk memenuhi kebutuhan gizi bagi hampir semua (97,5%) orang sehat dalam kelompok umur, jenis kelamin dan fisiologis tertentu. Nilai asupan harian zat gizi yang diperkirakan dapat

memenuhi kebutuhan gizi mencakup 50% orang sehat dalam kelompok umur, jenis kelamin dan fisiologis tertentu disebut dengan kebutuhan gizi (Hardinsyah dan Tampubolon 2004).

Kecukupan energi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu umur, jenis kelamin, ukuran tubuh, status fisiologis, kegiatan, efek termik, iklim dan adaptasi. Untuk kecukupan protein dipengaruhi oleh faktor-faktor umur, jenis kelamin, ukuran tubuh, status fisiologi, kualitas protein, tingkat konsumsi energi dan adaptasi (Hardinsyah dan Tampubolon 2004). Angka kecukupan energi dan zat gizi untuk usia remaja yang digunakan dalam penelitian ini seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Angka kecukupan energi, protein, kalsium, vitamin D, vitamin C fosfor dan besi untuk remaja pria

Usia (th)	Energi (kkal/hr)	Protein (g/hr)	Kalsium (mg/hr)	Vit D (μ g/hr)	Vit C (mg/hr)	Fosfor (mg/hr)	Besi (mg)
16 - 18	2600	65	1000	5	60	1000	15
19 - 29	2550	60	800	5	60	600	13
Rataan	2575	62,5	900	5	60	800	14

Sumber : WNPG VIII, 2004

Penetapan angka kecukupan gizi mineral untuk Indonesia ini terutama didasarkan pada review dari rekomendasi kecukupan gizi untuk mineral makro dan mikro yang ditetapkan oleh *Institute of Medicine* (IOM 1997, 2000, 2001) dan *Food and Agriculture Organization/World Health Organization* (FAO/WHO 2001). Cara ini dilakukan mengingat sangat terbatasnya informasi yang berasal dari Indonesia yang dapat digunakan untuk mempertimbangkan kecukupan mineral (Kartono dan Soekatri 2004). Khusus untuk vitamin D, berbeda dari zat gizi lainnya karena tubuh dapat mensintesisnya dengan bantuan sinar matahari (Muhilal dan Sulaeman 2004). Penentuan kebutuhan vitamin C sebelumnya didasarkan atas jumlah yang diperlukan untuk mencegah *scurvy*, jumlah yang dapat dimetabolisme oleh tubuh dan jumlah yang dapat memelihara jumlah simpanan vitamin C yang cukup. Saat sekarang kebutuhan vitamin C didasarkan pada *near maximal neutrophil ascorbate concentration*, *biomarker* oksidasi lemak, fungsi antioksidan dalam leukosit dan penyakit degeneratif kronis (Setiawan dan Rahayu 2004).

Susu sebagai Sumber Kalsium

Susu sebagaimana bahan pangan hewani lainnya yang dikenal kaya dengan kandungan gizi, tingkat konsumsinya semakin meningkat di seluruh dunia. Menurut Bruinsma (2003), antara tahun 1997/1998 hingga tahun 2030, konsumsi susu dan produk olahannya di negara-negara berkembang konsumsinya diperkirakan akan meningkat dari 45 kg menjadi 66 kg per kapita dan di negara-negara maju meningkat dari 212 kg menjadi 221 kg per kapita. Selain susu, konsumsi pangan hewani lainnya juga akan meningkat. Konsumsi daging setiap tahunnya di negara-negara berkembang akan meningkat dari 25,5 kg menjadi 37 kg per kapita, sementara di negara-negara maju akan meningkat dari 88 kg menjadi 100 kg per kapita. Untuk telur, konsumsi akan meningkat dari 6,9 kg menjadi 8,9 kg di negara-negara berkembang dan di negara-negara maju meningkat dari 13,5 kg menjadi 13,8 kg per kapita.

Selain mengandung kalsium, susu juga mengandung hampir seluruh dari zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Pada pedoman gizi empat sehat lima sempurna (4S5S), yang pertama kali dicetuskan oleh "Bapak Gizi Indonesia" yaitu Prof. Poerwo Sudarmo pada tahun 1950-an, susu dikategorikan sebagai bahan pangan yang dapat menyempurnakan (Depkes 2002).

Konsumsi susu secara nyata memacu perbaikan mineral tulang pada wanita remaja. Wanita berusia 12 tahun yang mengonsumsi dua gelas susu dengan kadar lemak rendah setiap hari mempunyai peningkatan yang sangat besar pada kepadatan dan massa tulang, akan tetapi tidak menambah berat massa lemak dibandingkan dengan kelompok kontrol (Cadogan *et al.* 1997). Susu mempunyai peranan penting untuk mencegah osteoporosis. Susu adalah sumber kalsium dan fosfor yang sangat penting untuk pembentukan tulang (Khomsan 2004). Menurut Wattiaux (2005), kalsium dan fosfor dari susu lebih mudah dicerna, hal ini terutama dihubungkan dengan adanya kasein yang merupakan protein utama susu, yang dapat membantu meningkatkan daya serap kalsium.

Dari laporan USDA, hampir 9 dari 10 remaja wanita dan 7 dari 10 remaja pria di Amerika Serikat tidak cukup mengonsumsi kalsium, sedangkan dalam periode pembentukan tulang optimal pada umur 9 hingga 18 tahun (remaja) dianjurkan asupan kalsium sebesar 1300 mg per hari, setara dengan empat gelas susu, keju atau yoghurt setiap hari. Para pakar kesehatan menyatakan bahwa susu dan produk olahannya adalah

sumber kalsium yang terbaik, dan para peneliti menemukan bahwa remaja yang mengonsumsi susu atau produk olahannya mempunyai tulang lebih kuat dan status gizi yang lebih baik (*National Dairy Council 2003*).

Berbagai faktor, seperti genetik dan lingkungan (gizi dan aktivitas fisik) mempengaruhi kesehatan tulang dan risiko terhadap osteoporosis. Di antara faktor gizi, kecukupan konsumsi kalsium adalah faktor yang penting pada seluruh tahap kehidupan. Usia muda adalah saat untuk memaksimalkan kemampuan genetik dalam pencapaian massa puncak pertumbuhan tulang, dan usia lanjut adalah saat untuk memelihara massa tulang dan meminimalkan kehilangan massa tulang seiring dengan bertambahnya usia. Selain kalsium terdapat zat gizi lain seperti protein, fosfor, magnesium, potasium, seng, vitamin A dan D yang juga membantu menjaga kesehatan tulang. Walaupun banyak para peneliti lebih menitikberatkan penelitiannya pada zat gizi tunggal, akan tetapi fakta menunjukkan bahwa mengonsumsi zat gizi secara alami dari pangan yang kaya zat gizi seperti susu dan produk olahan lainnya dapat memperbaiki status mineral tulang dan membantu mengurangi risiko terjadinya osteoporosis (Heaney dan Whiting 2004).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Volek *et al.* (2003) dengan pemberian susu (708 ml, 3 kali sehari) dan jus buah selama 12 minggu pada dua kelompok remaja putra yang sedang mengikuti pelatihan olahraga, menunjukkan bahwa kelompok yang diberi susu secara nyata memiliki asupan kalsium dan kepadatan tulang yang lebih tinggi daripada kelompok yang diberi jus buah. Pada remaja wanita, yang diteliti oleh Cadogan *et al.* (1997), menunjukkan bahwa pemberian minuman susu juga secara nyata dapat meningkatkan kepadatan tulang, akan tetapi tidak menambah berat badan atau lemak tubuh.

Wanita yang mengonsumsi sedikit susu pada masa anak-anak dan remaja mempunyai massa tulang yang berisiko tinggi terhadap kerapuhan saat dewasa. Wanita berumur 20 – 49 tahun, yang sewaktu kecil mengonsumsi susu kurang dari satu gelas sehari, mempunyai kandungan mineral tulang yang lebih rendah dibandingkan dengan wanita yang mengonsumsi susu lebih dari satu gelas sehari (Kalkwarf *et al.* 2003). Hasil penelitian Du (2002), juga menemukan bahwa remaja wanita yang mengonsumsi susu mempunyai kepadatan tulang yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak atau hanya sedikit mengonsumsi susu.

Tabel 2 Kandungan kalsium pada susu dan beberapa produk olahannya

Susu dan Produk Olahan	Kalsium (mg/100 g)
Susu segar ¹⁾	143
Produk Olahan ²⁾ :	
- Susu skim	123
- Yoghurt, <i>non-fat</i>	199
- Keju <i>Cheddar</i>	729
- Keju Amerika	443
- Keju <i>Cottage</i>	61

Keterangan :

¹⁾ DKBM (1994)

²⁾ Weinsier dan Krumdieck (2000)

Wanita usia remaja yang meningkatkan asupan kalsium untuk memenuhi kecukupan yang dianjurkan dengan mengonsumsi lebih banyak susu, keju dan yogurt pada menu makanan mereka, memperlihatkan peningkatan kepadatan tulang dibandingkan dengan wanita yang hanya mengonsumsi makanan secara normal. Peningkatan asupan susu atau produk olahannya juga ternyata tidak berhubungan dengan peningkatan lemak tubuh (Chan *et al.* 1995).

Defisiensi dan Tingkat Kecukupan Kalsium

Seluruh sel dalam tubuh manusia memerlukan kalsium, akan tetapi sebagian besar kalsium digunakan untuk kekuatan tulang dan gigi. Kalsium adalah mineral yang paling banyak terdapat dalam tubuh, 40% dari seluruh mineral yang ada adalah kalsium atau setara dengan 1200 gram.(Wardlaw *et al.* 1992). Sumber utama kalsium untuk masyarakat pada negara-negara maju adalah susu dan hasil olahannya yang mengandung sekitar 1150 mg kalsium per liter. Sumber lain kalsium adalah sayuran berwarna hijau dan kacang-kacangan. Roti dan bijian, menyumbang asupan kalsium yang nyata karena konsumsi yang sering. Ikan dan makanan sumber laut mengandung kalsium lebih banyak dibanding daging sapi maupun ayam (Kartono dan Soekatri 2004).

Tubuh manusia dewasa mengandung sekitar 1200 g kalsium, jumlah tersebut sekitar 1 – 2% dari berat tubuh. Sebanyak 99% kalsium terdapat pada jaringan yang

mengandung mineral seperti tulang dan gigi, yang berada dalam bentuk kalsium fosfat (bersama dengan sejumlah kecil kalsium karbonat), yang berfungsi membentuk kekuatan dan struktur tulang (Nordin 1997). Seiring dengan pernyataan tersebut, menurut Ilich-Ernst dan Kerstetter (2000), tubuh manusia dewasa mengandung sekitar 1000 hingga 1500 gram kalsium (tergantung pada jenis kelamin, ras, ukuran tubuh), yang mana 99% ditemukan pada tulang dalam bentuk hidroksiapatit. Kebutuhan kalsium sangat ditentukan oleh kebutuhan tulang dan aktivitas fisik. Nieves (2005), menyatakan bahwa kalsium merupakan zat gizi mikro yang sangat penting. Zat gizi ini pada umumnya memperlihatkan pengaruh menguntungkan pada tulang untuk segala usia, walaupun hasilnya tidak selalu konsisten.

Peranan utama kalsium adalah untuk pembentukan dan pemeliharaan tulang dan gigi, selain itu kalsium juga berperan dalam berbagai proses dalam tubuh. Kalsium berperan penting dalam proses pembekuan darah dan kontraksi otot. Apabila kalsium dalam darah terdapat di bawah titik kritis, otot tidak dapat rileks setelah kontraksi, sehingga tubuh memperlihatkan gejala kejang-kejang (titani) (Nieves 2005). Menurut Guyton dan Hall (1997), titani biasanya akan timbul apabila konsentrasi kalsium dalam darah turun dari kadar normalnya yaitu 9,4 mg/dl menjadi kira-kira 6 mg/dl (35% di bawah kadar normal) dan apabila kadarnya menjadi kira-kira 4 mg/dl, biasanya akan menyebabkan kematian. Sebaliknya, apabila kadar kalsium dalam darah meningkat melebihi kadar normal, sampai kira-kira 12 mg/dl, sistem saraf akan tertekan dan aktivitas refleks pada sistem saraf menjadi lamban, memendekkan interval denyut jantung, menimbulkan konstipasi dan menurunkan nafsu makan. Efek penekanan akan lebih nyata apabila kadar kalsium meningkat di atas 15 mg/dl dan apabila kadar kalsium dalam darah meningkat hingga kira-kira 17 mg/dl, kristal kalsium fosfat cenderung mengendap di seluruh tubuh.

Kalsium membutuhkan lingkungan yang asam agar dapat diserap secara efisien. Penyerapan terutama terjadi pada bagian atas usus halus. Usus halus cenderung selalu dalam kondisi asam karena menerima keasaman dari perut yang kadangkala menjadi netral oleh karena adanya pelepasan cairan dari pankreas. Penyerapan kalsium pada permukaan usus halus tergantung pada keaktifan hormon vitamin D. Tubuh manusia menyerap sekitar 20% hingga 40% kalsium dari makanan yang dikonsumsi, akan tetapi

apabila tubuh membutuhkan kalsium dalam jumlah ekstra tinggi (bayi dan ibu hamil), penyerapan meningkat mencapai 50% hingga 70%. Remaja cenderung menyerap kalsium lebih banyak daripada orang lanjut usia (Wardlaw *et al.* 1992).

Tulang manusia mengalami peluruhan dan pembentukan secara berkesinambungan. Pada saat usia muda, pembentukan tulang berlangsung lebih cepat dibandingkan resorpsinya. Sementara itu, pada usia tua resorpsi berlangsung lebih cepat dibandingkan formasinya. Oleh karena itu pada usia tua terjadi proses kehilangan massa tulang (Khomsan 2004).

Perkembangan maksimal massa tulang selama pertumbuhan dan reduksi tulang pada saat usia lanjut adalah dua masalah utama dalam strategi pencegahan osteoporosis. Untuk mencapai tujuan ini, terdapat tiga pedoman utama yang direkomendasikan : (1) mengonsumsi gizi yang cukup untuk memperbaiki bahan dasar untuk pembentukan tulang, (2) olahraga secara teratur untuk memelihara stimulus tubuh pada perkembangan dan pemeliharaan tulang, (3) mempertahankan kecukupan hormonal untuk pemanfaatan kalsium dan pemeliharaan tulang (Weaver 2000). Selanjutnya menurut Weaver (2000) bahwa kalsium adalah mineral utama di dalam tulang, dan 99% kalsium dalam tubuh terdapat di dalam jaringan tulang. Massa jaringan tulang adalah faktor penentu risiko kerapuhan tulang baik pada anak-anak maupun dewasa. Lebih dari 40% massa puncak pembentukan tulang dewasa terjadi pada saat remaja. Pada periode ini terjadi perubahan gaya hidup, termasuk pada pemenuhan asupan kalsium.

Menurut Khomsan (2004) pada masa remaja diperlukan asupan gizi yang cukup untuk mencapai pertumbuhan fisik optimal. Hal ini diperlukan mengingat kecepatan pertumbuhan fisik saat remaja adalah ke dua tercepat setelah masa bayi. Pada masa ini sekitar 20% tinggi badan dan 50% berat badan seseorang telah tercapai. Jackman *et al.* (1987), menyatakan bahwa untuk memaksimalkan retensi kalsium tubuh, wanita remaja umur 12 – 15 tahun memerlukan konsumsi sedikitnya 1300 mg kalsium setiap hari. Hasil studinya juga menunjukkan bahwa asupan kalsium sebesar 1200 mg per hari hanya menghasilkan 57% dari retensi kalsium maksimum.

Penyerapan kalsium dalam tubuh dipengaruhi banyak faktor, terdiri dari faktor pendukung dan faktor penghambat. Menurut Wardlaw (1992), faktor pendukung penyerapan kalsium adalah kondisi keasaman permukaan, aktivitas dan motilitas saluran

pencernaan normal, asupan kalsium dan fosfor seimbang, cukup vitamin D, tubuh memerlukan kalsium dalam jumlah lebih tinggi, asupan kalsium rendah, adanya hormon paratiroid (meningkatkan aktivitas sintesis vitamin D) dan adanya laktosa. Sebagai faktor penghambat penyerapan kalsium adalah terdapatnya kondisi basa pada saluran pencernaan bagian bawah, serat makanan dalam jumlah besar, penggunaan pencah, proporsi fosfor lebih besar daripada kalsium, adanya asam fitat, oksalat dan asam lemak yang tidak dapat diserap (mengikat kalsium dalam usus), defisiensi vitamin D, menopause, usia lanjut dan adanya tanin dari teh.

Hampir seluruh kalsium di dalam tubuh terdapat dalam tulang yang berperan sentral dalam pembentukan struktur kekuatan tulang dan gigi. Hanya sedikit sekali (1%) terdapat dalam jaringan lunak, cairan ekstra sel dan plasma yang diperlukan dalam banyak peran metabolisme dan pengaturan. Apabila jumlahnya di bawah 1%, maka tubuh akan melepaskan kalsium dari tulang ataupun gigi untuk memenuhi kebutuhannya (Worldlaw, 1992).

Tubuh orang dewasa mengandung sekitar 1000 – 1300 g kalsium (kurang dari 2% berat tubuh). Kandungan normal kalsium darah adalah 9 – 11 mg per 100 ml darah. Sekitar 48% serum kalsium berbentuk ionik dan 46% terdapat dalam senyawa protein darah. Selebihnya terdapat dalam bentuk senyawa kompleks yang mudah berdifusi, seperti dalam bentuk sitrat (Kartono dan Soekatri 2004).

Oleh karena belum adanya indikator yang cocok dari kecukupan gizi kalsium, maka perkiraan defisiensi kalsium didasarkan pada besarnya kecukupan asupan makanan dibandingkan dengan asupan yang dianjurkan. Akan tetapi, pendekatan ini masih diperdebatkan, karena belum adanya kesepakatan para ahli pada asupan kalsium yang dianjurkan. Dalam pelaksanaannya, perkiraan proporsi populasi pada setiap negara dengan ketidakcukupan asupan kalsium didasarkan pada asupan yang direkomendasikan dari setiap negara itu sendiri. Dengan menggunakan pendekatan ini dilaporkan bahwa banyak kelompok populasi belum mencapai asupan kalsium yang dianjurkan di sejumlah negara-negara barat (Cashman 2002).

Tabel 3 Asupan kalsium yang dianjurkan untuk pria usia 15-50 tahun di Eropa, Inggris, Amerika Serikat dan Indonesia

Eropa (PRI)		Inggris (RNI)		Amerika Serikat (AI)		Indonesia (AKG)	
Usia (th)	mg/hr	Usia (th)	mg/hr	Usia (th)	mg/hr	Usia (th)	mg/hr
15 - 17	1000	15 - 18	1000	14 - 18	1300	16 - 18	1000
> 18	700	19 - 50	700	19 - 50	1000	19- 29	800

Keterangan :

PRI = *Population Reference Intake* (European Commission, 1993)

RNI = *Reference Nutrient Intake* (Department of Health, 1998)

AI = *Adequate Intake* (Institute of Medicine, 1997)

AKG = Angka Kecukupan Gizi (Widyakarya Pangan & Gizi LIPI, 2004)

Sebagai contoh, di Jerman (sekitar separuh wanita dewasa dan sepertiga pria dewasa), Swiss (sebagian besar wanita dewasa) serta di Italia (50% sampel manula >60 tahun), asupan kalsiumnya masih lebih rendah dari yang dianjurkan dari setiap negara tersebut. Di Irlandia, lebih dari 50% wanita berusia 12-18 tahun (INDI 1990) dan di Amerika Serikat pada wanita berusia 9-18 tahun dan 31 tahun juga belum dapat mencukupi asupan kalsium yang dianjurkan (Cleveland *et al.* 1996). Di Belanda sebanyak 8-25% pria dan wanita dewasa, belum mencapai 80% dari kecukupan asupan kalsium yang dianjurkan (van Dokkum 1995).

Status kalsium yang rendah menggambarkan terjadinya pengurangan massa tulang yang banyak terjadi di negara-negara barat. Dari hasil perkiraan yang diperoleh dari kriteria diagnosis WHO (berdasarkan pada kandungan mineral tulang), sekitar 4-6 juta wanita dan 1-2 juta pria manula di Amerika Serikat menderita osteoporosis (Cleveland *et al.* 1996).

Mekanisme Pengaturan Kalsium dalam Tubuh

Kalsium pada tubuh manusia berada dalam kontrol homeostasis dengan mengalami proses-proses seperti absorpsi, ekskresi dan sekresi dan penyimpanan dalam tulang untuk memelihara konsentrasi kalsium dengan jarak pengaturan yang ketat (1,1 – 1,3 mmol/l). Pengaturan konsentrasi kalsium plasma dilakukan melalui suatu sistem fisiologis lengkap yang terdiri dari interaksi hormon-hormon kalsitropik seperti hormon paratiroid, 1,25-dihidroksikolekalsiferol (vitamin D₃) dan kalsitonin dengan jaringan

target khusus (ginjal, tulang dan usus) yang dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan masuknya kalsium ke dalam bagian ekstraseluler (*British Nutrition Foundation* 1989).

Hormon paratiroid dihasilkan oleh kelenjar paratiroid yang terletak tepat di belakang kelenjar tiroid. Satu kelenjar di belakang setiap kutub atas dan kutub bawah kelenjar tiroid. Meningkatnya aktivitas kelenjar paratiroid dapat meningkatkan absorpsi garam-garam kalsium dari tulang sehingga menimbulkan hiperkalsemia, sebaliknya hipofungsi kelenjar tiroid dapat menimbulkan hipokalsemia (Guyton dan Hall 1997).

Hormon paratiroid adalah hormon utama yang bertanggungjawab dalam memelihara konsentrasi kalsium setiap saat. Pengaruh biologis yang sangat penting dari hormon ini meliputi : 1) meningkatkan kalsium plasma yang bersamaan dengan penurunan fosfat plasma, 2) meningkatkan ekskresi fosfat urin (fosfaturia), 3) meningkatkan penyimpanan kalsium urin, 4) meningkatkan kecepatan remodeling tulang, 5) meningkatkan osteolisis osteositis, 6) membantu pembentukan 1,23-dihidroksivitamin D₃ dengan mempengaruhi sistem 1-hidrolase, dan 7) meningkatkan absorpsi kalsium dan fosfat dari usus kecil oleh pengaruh langsung pada pembentukan 1,25-dihidroksikolekalsiferol. Pelepasan hormon paratiroid menyebabkan meningkatnya kalsium plasma. Pengaruhnya pada kerangka menyebabkan pelepasan 1,66 mol kalsium untuk setiap mol fosfor . Kalsium dan fosfor diserap dari usus kecil dalam konsentrasi yang seimbang. Selanjutnya, melalui beberapa mekanisme menyebabkan kedua ion dilepaskan ke dalam darah (Banks 1993).

Pengeluaran hormon paratiroid sepenuhnya atau sebagian dipengaruhi oleh konsentrasi kalsium plasma yang terionisasi, yang selanjutnya membentuk sistem umpanbalik negatif. Hormon paratiroid dan 1,25-dihidroksikolekalsiferol akan dikeluarkan apabila konsentrasi kalsium rendah, sementara kalsitonin dikeluarkan apabila kalsium darah tinggi (*British Nutrition Foundation* 1989).

Pengaruh kalsitonin pada sel-sel osteoklastis dan osteositis bersifat antagonis terhadap aksi hormon paratiroid. Pengaruh kalsitonin pada ginjal mengimbangi aksi hormon paratiroid. Kalsitonin juga menunjukkan suatu pengaruh penghambatan penyerapan kalsium dan fosfor pada usus kecil. Pengaruh-pengaruh kalsitonin dalam sistem pengaturan termasuk : 1) mereduksi kalsium dan fosfor, 2) menghambat

rangsangan hormon paratiroid osteoklasia dan osteolisis osteositis, 3) secara tidak langsung menghambat penyerapan kalsium dan fosfor dari usus kecil dan 4) perangsangan jangka pendek pada aktivitas osteoblastis. Pengaruh kalsitonin pada lambung diduga terjadi secara tidak langsung, yaitu menghambat sintesis 1,25-dihidroksikolekalsiferol. Peranan langsung kalsitonin pada ginjal belum diketahui dengan jelas. Pengaturan ganda kalsium oleh hormon paratiroid dan kalsitonin lebih jelas dibandingkan dengan kemungkinan yang dilakukan oleh satu hormon secara sendiri-sendiri. Hormon paratiroid diduga dapat mencegah terjadinya hipokalsemia, dan kalsitonin diduga merupakan suatu hormon tipe emergensi yang dapat melindungi terjadinya hiperkalsemia (Banks 1993).

Vitamin D mempengaruhi metabolisme kalsium dan fosfor pada organ target yaitu usus halus, tulang dan ginjal. Metabolit aktif 1,25 (OH)₂ vitamin D₃ (kalsitriol) mempermudah penyerapan kalsium secara aktif di dalam usus halus oleh rangsangan sintesis kalsium yang terikat dengan protein (kalbindin) (Ilich-Ernst dan Kerstetter 2000). Metabolit aktif dari vitamin D adalah faktor pengaruh lainnya dari mekanisme pengaturan ganda yang terlibat dalam homeokinesis kalsium. Peningkatan penyerapan kalsium tergantung pada pembentukan 1,25-dihidroksikolekalsiferol. Usus halus merespon kondisi ini dengan meningkatkan penyerapannya pada kalsium dan fosfor. Pengaruh yang jelas dari 1,25-dihidroksikolekalsiferol pada ginjal masih membutuhkan klarifikasi lebih jauh. Senyawa ini mempunyai pengaruh negatif pada produksi hormon paratiroid dan diduga mendukung deposisi kalsium dalam tulang (Banks 1993).

Kalsium dan Kepadatan Tulang

Kalsium dibutuhkan untuk pertumbuhan normal dan perkembangan kerangka tubuh. Selama pertumbuhan dan pematangan kerangka, yaitu hingga usia awal dua puluhan pada manusia, kalsium berkumpul di kerangka dengan rata-rata 150 mg per hari. Selama masa pematangan, tubuh dapat menjadi berlebihan atau kekurangan dalam keseimbangan kalsium. Mulai usia sekitar 50 an pada pria dan saat menopause pada wanita, keseimbangan tulang menjadi negatif dan kehilangan tulang dari seluruh tempat kerangka. Kehilangan tulang ini dihubungkan dengan makin meningkatnya kejadian patah tulang, khususnya pada wanita. Kecukupan asupan kalsium adalah sangat penting untuk mencapai massa tulang puncak optimal dan mengurangi laju kehilangan tulang

karena bertambahnya usia (*National Institute of Health* 1994). Suatu keseimbangan kalsium positif dibutuhkan sebelum pertumbuhan tulang terjadi. Asupan kalsium dan pembentukan tulang menentukan keseimbangan kalsium selama pertumbuhan. Pada umumnya kalsium tersimpan di dalam kerangka tulang (Eastwood 2003).

Asupan kalsium mempengaruhi pencapaian massa tulang puncak dan juga zat ini dengan baik mampu untuk mempertahankan kalsium kerangka sepanjang kehidupan. Kalsium adalah zat gizi yang penting, yang melibatkan sangat banyak proses metabolis dan memberikan kekuatan mekanis pada tulang dan gigi. Homeostatis kalsium negatif disebabkan oleh kurangnya asupan makanan, penyerapan yang lemah atau pengeluaran yang berlebihan yang mengakibatkan kehilangan kalsium dari tulang dan selanjutnya dapat meningkatkan kejadian patah tulang. Dalam hal ini terdapat data secara epidemiologis yang menunjukkan adanya hubungan positif antara asupan kalsium dan kepadatan tulang (Wimalawansa 2004).

Selain jumlah kalsium yang cukup dalam makanan yang dikonsumsi, penyerapan kalsium dari makanan tersebut juga merupakan faktor penting yang menentukan kalsium untuk membangun dan memelihara tulang. Dengan demikian, diperlukan identifikasi komponen pangan dan atau komposisi pangan fungsional yang secara positif dapat mempengaruhi penyerapan kalsium yang dapat menjamin bahwa bioavailabilitas kalsium dari bahan pangan dapat diharapkan dengan baik (Kennefick dan Cashman 2000).

Studi-studi intervensi dan *cross-sectional* telah melaporkan suatu pengaruh positif kalsium pada massa tulang anak-anak dan remaja (Johnston *et al.* 1992 ; Dawson-Hughes 1996). Suatu meta-analisis dari 33 studi menyimpulkan bahwa terdapat hubungan antara asupan kalsium dan massa tulang pada wanita pre-menopause (Welten *et al.* 1995). Dari hasil-hasil tersebut diperlihatkan bahwa peningkatan asupan kalsium dari makanan yang biasa dikonsumsi mempunyai keuntungan untuk perkembangan dan pemeliharaan tulang dan dapat mengurangi risiko osteoporosis pada saat usia lanjut (Flynn dan Cashman 1999). Akan tetapi, hasil penelitian Whitting *et al.* (2002), tidak menemukan adanya hubungan nyata antara asupan kalsium dengan kepadatan tulang.

Beberapa penelitian tentang suplementasi kalsium pada anak-anak dan remaja, khususnya yang dilakukan dengan waktu satu hingga dua tahun telah dilakukan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan asupan kalsium dapat dihubungkan

dengan peningkatan massa tulang sekitar 1 – 5% (Lloyd *et al.* 1993; Lee *et al.* 1996; Bonjour *et al.* 1997; Cadogan *et al.* 1997; Dibba *et al.* 1999).

Vitamin D dan Kepadatan Tulang

Vitamin secara umum merupakan senyawa organik yang selalu dibutuhkan tubuh yang berfungsi untuk metabolisme sel secara normal, pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh (Keith 1994). Salah satu vitamin yang terkait dengan pembentukan jaringan tulang adalah vitamin D.

Vitamin D merupakan salah satu vitamin yang fungsinya di dalam tubuh cukup unik karena mirip dengan fungsi hormon. Fungsi biologis utama dari vitamin D adalah mempertahankan konsentrasi kalsium dan fosfor serum dalam kisaran normal dengan meningkatkan efisiensi usus halus untuk menyerap mineral-mineral tersebut dari makanan. Sumber utama vitamin D terutama diperoleh dari susu serta berbagai produk olahannya (Muhilal dan Sulaeman 2004).

Status vitamin D yang rendah banyak terjadi pada lansia yang kurang terkena sinar matahari dan vitamin D plasma yang rendah, dihubungkan dengan peningkatan risiko patah tulang panggul (Lips 2001). Suatu penelitian di Boston menunjukkan bahwa keragaman kepadatan tulang terkait dengan perubahan musim, yang dihubungkan dengan pemaparan dengan sinar matahari dan status vitamin D (Krall dan Dawson-Hughes,1999).

Suatu penelitian klinis yang mengombinasikan penggunaan vitamin D dan kalsium menghasilkan penurunan secara nyata kejadian patah tulang dibandingkan dengan kelompok plasebo (Dawson-Hughes *et al.* 1997). Penelitian yang dilakukan pada wanita kelompok *Nurse's Health Study* yang mengonsumsi vitamin D $\geq 12,5 \mu\text{g}$ memiliki risiko patah tulang panggul 75% lebih rendah dibandingkan dengan kelompok yang mengonsumsi $< 3,5 \mu\text{g}$ per hari (Feskanich *et al.* 2003).

Vitamin C dan Kepadatan Tulang

Selain vitamin D, vitamin C juga cukup mempunyai peranan dalam pembentukan tulang. Fungsi vitamin C antara lain adalah sebagai antioksidan yang larut dalam air dan juga berperan dalam berbagai reaksi hidroksilasi yang dibutuhkan untuk sintesis kolagen, karnitin dan seronin. Dengan demikian vitamin C bermanfaat untuk meningkatkan aktivitas tubuh (Keith 1994). Selain itu, fungsi vitamin C pada tubuh juga sebagai anti

radang gusi (*scurvy*), antioksidan, pertahanan tubuh dan penyembuhan luka. Sumber utama dapat diperoleh dari buah dan sayuran segar (Setiawan dan Rahayu 2004).

Pada proses pembentukan tulang, vitamin C berfungsi untuk stabilitas kolagen dan pembentukan tulang. Defisiensi vitamin C dihubungkan dengan terganggunya hubungan antar jaringan tubuh (Peterkofsky 1991). Serum asam askorbat (vitamin C) pada pria berhubungan nyata dengan kepadatan tulang. Pada wanita pasca menopause dengan sejarah merokok dan penggunaan esterogen, peningkatan 1 standar deviasi (SD) kadar serum asam askorbat dapat dihubungkan dengan penurunan prevalensi patah tulang sebesar 45%. Akan tetapi, pada wanita dengan sejarah tidak merokok dan tidak menggunakan esterogen, kadar serum asam askorbat tidak tampak berhubungan dengan rendahnya kepadatan tulang (Tucker 2003).

Fosfor dan Kepadatan Tulang

Sebagai suatu bahan anorganik, jumlah fosfor dalam tubuh manusia terbanyak kedua setelah kalsium, di mana 85% fosfor ini terikat dalam kerangka. Fosfor dapat diperoleh dari berbagai bahan pangan, seperti daging, unggas, ikan, telur, susu dan produk olahannya, kacang-kacangan, biji-bijian dan sayur-sayuran. Tujuan utama mengonsumsi fosfor adalah untuk menunjang pertumbuhan dan sebagai pengganti fosfor yang hilang dari tubuh. Konsumsi fosfor telah meningkat 10% hingga 15% lebih dari 20 tahun terakhir karena peningkatan penggunaan garam fosfat sebagai bahan pangan tambahan (*food additives*) dan pada minuman berkarbonat (Ilich dan Kerstetter 2000). Hal yang perlu dicatat adalah bahwa *database* zat gizi belum mencerminkan perubahan ini dan masih di bawah perkiraan asupan fosfor secara nyata (Calvo dan Park 1996). Asupan makanan mengandung fosfor pada orang dewasa di Amerika Serikat berkisar antara 1000 hingga 1500 mg/hari, suatu tingkatan yang berada di atas asupan yang dianjurkan yaitu sekitar 700 mg/hari (Ilich dan Kerstetter 2000).

Walaupun fosfor adalah zat gizi yang penting, perlu dipertimbangkan bahwa jumlah yang berlebihan dapat merusak tulang. Sebagai contoh, suatu peningkatan konsumsi makanan yang mengandung fosfor akan meningkatkan konsentrasi fosfor serum, akan menghasilkan suatu penurunan sementara kalsium terionisasi dalam serum mengakibatkan peningkatan sekresi hormon paratiroid yang potensial menyerap tulang. Fungsi utama hormon paratiroid adalah untuk mencegah hipokalsemia dengan

meningkatkan penyerapan kalsium pada tulang. Hipotesis bahwa asupan fosfor yang berlebihan adalah berbahaya pada tulang telah dicobakan pada orang dewasa yang secara terkontrol mengonsumsi makanan yang mengandung 1660 mg fosfor dan 420 mg kalsium. Setelah 24 jam, makanan yang dikonsumsi menghasilkan peningkatan indeks aktivitas hormon paratiroid (Calvo *et al.* 1988). Penelitian lain menemukan bahwa konsumsi pangan yang banyak mengandung fosfor tinggi seperti minuman berkarbonat mempunyai pengaruh yang tidak menguntungkan bagi tubuh. Beberapa studi telah menunjukkan adanya penurunan massa tulang dan peningkatan kejadian patah tulang akibat konsumsi minuman berkarbonat (Wyshak *et al.* 1989 ; Petridou *et al.* 1997.) Akan tetapi hasil penelitian Whitting *et al.* (2002) menunjukkan tidak terdapat hubungan nyata antara asupan fosfor dengan kepadatan tulang.

Protein dan Kepadatan Tulang

Asupan protein harian seseorang seimbang dengan nitrogen yang dikeluarkan tubuh untuk menjaga keseimbangan energi pada tingkat aktivitas sedang. Sumber utama protein adalah susu, ikan, telur, daging dan kacang-kacangan (Hardinsyah dan Tampubolon 2004).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa asupan protein yang tinggi terkait erat dengan keluarnya kalsium melalui urin. Hal ini karena adanya peningkatan muatan asam yang bertindak sebagai *buffer* kalsium tulang, asupan protein yang lebih tinggi diperkirakan dapat dihubungkan dengan lebih rendahnya kepadatan tulang. Secara umum juga diasumsikan bahwa kandungan belerang yang relatif tinggi pada daging menyebabkan adanya muatan asam endogenus yang menyebabkan berkurangnya kepadatan tulang (Tucker 2003). Heaney (2001) menyatakan bahwa asam dari protein hewani tidak lebih tinggi daripada protein nabati. Sebastian *et al.* (2001) menegaskan bahwa produk asam bikarbonat zat non-protein dari tumbuhan dapat menetralkan asam belerang, karena sumber protein tumbuhan lebih banyak dikonsumsi daripada sumber protein hewani. Suatu penelitian membuktikan bahwa asupan kalsium yang tinggi tidak dapat mencegah keseimbangan kalsium yang negatif dan berkurangnya kepadatan tulang yang disebabkan asupan tinggi protein (Allen *et al.* 1979). Penelitian lain menunjukkan

bahwa tidak terdapat keterkaitan yang nyata antara asupan protein dengan kepadatan tulang (Whitting *et al.* 2002)

Pada umumnya penelitian yang memperlihatkan konsumsi protein yang tinggi berpengaruh negatif pada kepadatan tulang hanya dilakukan pada waktu yang singkat dan tidak dilakukan dalam waktu yang lebih lama. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pada masyarakat yang hidup bebas, kekurangan asupan protein berkontribusi pada keseimbangan kalsium yang negatif dan juga dihubungkan dengan peningkatan risiko patah tulang pada saat usia lanjut (Patterson *et al.* 1996 ; Bastow *et al.* 1983). Penelitian yang dilakukan oleh *Iowa Women's Health Study* (Munger *et al.* 1999) menunjukkan bahwa asupan protein hewani yang lebih tinggi sebesar 70% berhubungan dengan pengurangan kejadian patah tulang panggul. Penelitian penggunaan suplementasi protein pada wanita lansia setelah kejadian patah tulang panggul, menunjukkan adanya pengaruh menguntungkan pada kepadatan tulang dan kekuatan tubuh. Dari penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa kekurangan protein, khususnya saat lansia, berkontribusi pada terjadinya osteoporosis.

Energi dan Kepadatan Tulang

Peningkatan asupan energi dapat meningkatkan berat dan tinggi badan. Terdapat hubungan yang konsisten antara berat badan dan kepadatan tulang. Pengaruh positif yang kuat yang terdapat pada berat badan dan kepadatan tulang diduga disebabkan adanya tekanan dari berat badan pada kerangka tubuh (Felson *et al.* 1993 ; Harris dan Dawson-Hughes. 1996). Demikian juga, kehilangan berat badan 10% dapat menyebabkan menurunnya kepadatan tulang sebesar 1% hingga 2% (Compston *et al.* 1992 ; Hyldstrup *et al.* 1993). Kondisi kehilangan berat badan yang lebih berat karena kekurangan gizi dapat menimbulkan faktor risiko osteoporosis. Risiko ini juga dipengaruhi oleh banyak faktor seperti rendahnya asupan gizi makro (termasuk protein) dan mikro (termasuk kalsium, vitamin D, vitamin K), yang dapat meningkatkan kecenderungan mudah jatuh karena lemahnya kekuatan otot dan berkurangnya perlindungan lapisan lembut pada bagian panggul (Ilich dan Kerstetter 2000).

Berkurangnya kepadatan tulang (dari osteopenia hingga osteoporosis berat) dan meningkatkan kerapuhan ternyata berhubungan dengan kesalahan pola makan, khususnya pada penderita *anorexia nervosa* (Power 1999). Kondisi ini tidak hanya terjadi pada

wanita, tetapi juga dapat terjadi pada pria (Andersen *et al.* 2000). Khusus pada kasus *anorexia nervosa*, peningkatan penyerapan tulang dan menurunnya pembentukan tulang menyebabkan kehilangan tulang dan kerusakan struktur tulang (Lennkh *et al.* 1999).

Secara etiologi, kehilangan tulang dan demineralisasi pada *anorexia nervosa* disebabkan oleh banyak faktor. Hal ini pada umumnya juga diakibatkan oleh lamanya kejadian *amenorrhea* (dan yang masih ada hubungan dengannya), hipoestrogenemia, hiperkortisolemia, rendahnya indeks massa tubuh, rendahnya lemak dan massa tubuh, akibat sangat terbatasnya asupan zat gizi khususnya kalsium, vitamin D dan protein (Power 1999). Secara patologis, mudah patahnya tulang punggung dan panggul dapat terjadi dalam waktu 7 hingga 15 tahun setelah terjadinya kesalahan pola makan. Hal yang paling penting untuk peningkatan kepadatan tulang dan mengurangi risiko osteoporosis pada penderita kesalahan pola pangan adalah dengan meningkatkan berat badan (Power 1999).

Zat Besi dan Kepadatan Tulang

Zat besi merupakan zat yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Defisiensi zat besi dapat menyebabkan menurunnya kemampuan untuk beraktivitas, kelelahan, dan muka pucat. Keberadaan zat besi dalam tubuh dapat dilihat dari keberadaan hemoglobin (Hb), ferritin dan transferin. Menurut Sauberlich (1999), pengukuran Hb, ferritin dan transferin selain mudah dilakukan, juga lebih dapat dipercaya untuk menggambarkan status besi dalam darah. Dari hasil penelitian yang dilakukan, terdapat hubungan antara massa tulang dengan ferritin dalam percobaan klinis selama empat tahun melalui pemberian suplementasi kalsium pada wanita remaja. Terdapat suatu kecenderungan hubungan yang positif antara kepadatan tulang lengan bawah dan ferritin serum awal. Suatu kecenderungan yang sama terjadi antara kepadatan tulang tubuh total dan kandungan ferritin serum selama empat tahun studi, tetapi hanya pada kelompok plasebo (Ilich *et al.* 1998). Studi-studi berikutnya sangat diperlukan untuk menjelaskan kecenderungan tersebut, khususnya pada masyarakat yang menderita defisiensi zat besi (Ilich dan Kerstetter 2000).

Penyerapan zat besi dapat dihambat oleh asupan yang tinggi mineral lainnya dan *trace element*, khususnya kalsium. Sejumlah studi telah menunjukkan adanya pengaruh

hambatan dari kalsium pada zat besi dari berbagai suplemen (garam) atau bahan pangan yang mengandung kalsium (Gleerup *et al.* 1995 ; Minihane dan Fairweather-Tait 1998). Akan tetapi, apabila konsumsi kalsium yang terjadi terpisah dari makanan yang mengandung zat besi, pengaruhnya tidak jelas (Turnlund *et al.* 1990 ; Reddy dan Cook 1997).

Terdapat catatan yang berlawanan, bahwa zat besi yang tinggi dapat menjadi racun pada sel tulang dan berkontribusi pada terjadinya osteoporosis atau penyakit tulang lainnya pada masyarakat yang metabolisme zat besinya buruk dan mengonsumsi zat besi berlebihan (Schnitzler *et al.* 1994). Walaupun pada umumnya sarapan pagi dengan sereal dan terigu telah difortifikasi dengan zat besi, akan tetapi bioavailabilitas dari bahan tersebut rendah. Zat besi juga ditemukan pada sayur-sayuran berwarna hijau gelap (dengan bioavailabilitas yang lebih rendah). Sumber zat besi yang terbaik adalah dari daging merah, khususnya hati dan organ daging lainnya (Ilich dan Kerstetter 2000).

Penyakit Osteoporosis

Menurut WHO (1994), osteoporosis adalah suatu penyakit dengan sifat-sifat khusus seperti massa tulang rendah yang disertai dengan perubahan mikroarsitektur tulang dan penurunan kualitas jaringan tulang yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya fraktur tulang karena meningkatnya kerapuhan tulang. Bronner (1994), menyatakan bahwa penyakit ini menyerang tulang nyaris tanpa gejala dan baru disadari setelah terjadinya adanya perubahan bentuk tulang atau kejadian patah tulang yang merupakan kondisi osteoporosis lanjut. Bonjour (2001) menyatakan bahwa kehilangan tulang pada penyakit osteoporosis terjadi secara "diam-diam" dan kehilangan tulang ini terjadi dengan cepat. Seringkali penyakit ini tanpa gejala hingga terjadinya patah tulang tiba-tiba sehingga penyakit ini sering disebut sebagai penyakit tanpa gejala (*silent disease*).

Osteoporosis adalah sesuatu yang kompleks, kondisi yang dipengaruhi banyak faktor dengan karakteristik pengurangan massa tulang dan kerusakan struktur mikro-arsitektural, yang menyebabkan suatu peningkatan kerusakan tulang. Walaupun pada umumnya kekuatan tulang (termasuk massa dan kualitas tulang) ditentukan oleh genetis, banyak faktor-faktor lainnya (gizi, lingkungan dan gaya hidup) juga mempengaruhi

tulang. Gizi adalah faktor penting dalam pembentukan dan pemeliharaan massa tulang dan mencegah terjadinya osteoporosis. Sekitar 80-90% kandungan mineral tulang terdiri dari kalsium dan fosfor. Komponen lainnya seperti protein, magnesium, seng, tembaga, besi, fluor, vitamin D, A, C dan K juga dibutuhkan dalam metabolisme tulang secara normal. Sementara itu, faktor-faktor pengganggu yang dapat mempengaruhi kesehatan tulang adalah kafein, alkohol dan fitoestrogen. Selanjutnya dengan mengetahui interaksi antara faktor-faktor yang berbeda seperti zat gizi, lingkungan, gaya hidup dan keturunan (genetis) akan dapat lebih membantu untuk mengerti akan kompleksitas terjadinya osteoporosis (Ilich dan Kerstetter 2000).

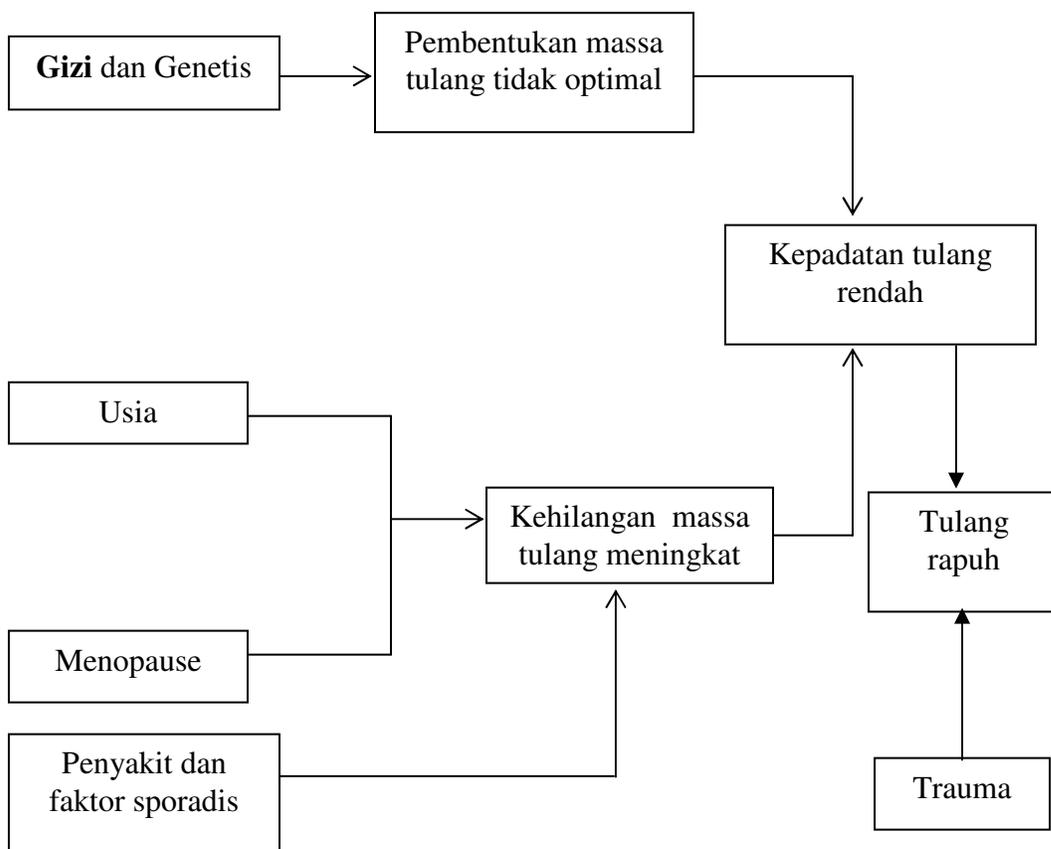
Setelah mencapai usia 30 tahun, maka massa tulang tubuh berubah seiring dengan bertambahnya usia. Jaringan tulang yang hilang menjadi lebih banyak daripada yang dibentuk. Pada usia remaja pertumbuhan tulang wanita menjadi semakin cepat dengan meningkatnya produksi hormon estrogen dan progesteron. Pertumbuhan cepat yang terjadi pada masa remaja disebabkan karena terbentuknya jaringan tulang baru pada permukaan dalam maupun luar dari tulang. Pertumbuhan tulang ini terus berlangsung hingga usia 25 tahun, dengan pola *remodelling* yaitu adanya proses pembentukan permukaan luar dan pemisahan permukaan dalam. Pada akhir masa dewasa, tingkat pemisahan melebihi tingkat pembentukan dan massa tulang mulai berkurang (Lane 2001). Oleh karena itu, kepadatan tulang yang rendah saat remaja akan dapat memperbesar peluang terjadinya osteoporosis.

Osteoporosis sejak lama diketahui sebagai suatu penyakit pada wanita, sedangkan pengetahuan tentang osteoporosis pada pria tidak berkembang. Akan tetapi, pengetahuan dan makin meningkatnya kejadian osteoporosis pada wanita harus menjadi dasar bagi pengetahuan tentang kejadian osteoporosis pada pria (Orwoll dan Klein 1995). Chevalley *et al.* (2005), menyatakan bahwa osteoporosis adalah suatu penyakit yang tidak hanya terjadi pada wanita, akan tetapi juga pada pria dengan makin bertambahnya usia.

Kepadatan tulang juga dapat dipengaruhi oleh saat pubertas pertamakali. Hasil penelitian Finkelstein *et al.* (1992), menunjukkan bahwa saat pubertas adalah faktor penentu yang penting dari puncak kepadatan tulang pada seorang pria. Hal ini karena puncak kepadatan tulang yang terjadi saat remaja merupakan suatu faktor penentu utama

dari kepadatan tulang pada masa-masa selanjutnya. Menurut Bonjour (2001), peningkatan 10% massa tulang puncak diperkirakan akan dapat mengurangi risiko osteoporosis sebesar 50% saat usia lanjut. Kepadatan tulang normal adalah $> 833 \text{ mg/cm}^2$, penderita osteopenia mempunyai kepadatan tulang antara $833\text{-}648 \text{ mg/cm}^2$ dan disebut osteoporosis apabila kepadatan tulang $< 648 \text{ mg/cm}^2$ (WHO 1994 dalam Anonim 2003).

Pria yang mengalami pubertas terlambat mengalami peningkatan risiko osteoporosis ketika berusia lanjut. Seeman (1995), menyatakan bahwa kejadian patah tulang panggul pada pria mencapai sepertiga dari seluruh kejadian patah tulang panggul dan mempunyai mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan pada wanita. Kejadian patah tulang panggul yang berhubungan dengan usia meningkatkan masalah kesehatan masyarakat seiring dengan makin meningkatnya jumlah pria usia lanjut di masyarakat.



Gambar 1 Patogenesis dari osteoporosis (Olson 2000).

Beberapa faktor risiko yang mempengaruhi terjadinya osteoporosis pada pria adalah indeks massa tubuh (IMT) yang rendah, merokok, sejarah keluarga menderita osteoporosis, konsumsi alkohol, aktivitas fisik rendah dan kurang asupan kalsium makanan (Lau, 2004). Epidemiologi osteoporosis pria Asia bervariasi pada setiap negara. Kejadian patah tulang panggul pada pria Hongkong 70% lebih tinggi dibandingkan pada pria Thailand (Lau *et al.* 2001). Di Hongkong, kejadian patah tulang panggul terdapat sekitar 5 dari 1000 pria manula dan 8 dari 1000 wanita manula (Lau *et al.* 2001) dan kejadian patah tulang punggung sekitar 17% pada pria dan 30% pada wanita (Lau *et al.* 1996).

Pola Makan dan Osteoporosis

Pola makan pada remaja akan menentukan pertumbuhan fisik optimal yang akan dapat dicapai sesuai dengan potensi genetik yang dimiliki (Khomsan 2004). Dari hasil penelitian Tucker *et al.* (2002), pola makan yang lebih banyak buah dan sayuran dapat mempertahankan tulang dari kerusakan pada pria, sedangkan yang banyak mengonsumsi manisan diketahui mempunyai kepadatan tulang yang rendah baik pada pria maupun wanita manula (umur 69 – 93 tahun).

Peranan asupan protein pangan pada osteoporosis masih kontroversial. Protein adalah suatu komponen struktural penting dari tulang dan suplementasi protein dapat memperbaiki hasil medis pada pasien patah tulang panggul. Akan tetapi alasan kenapa asupan protein dapat mengurangi risiko patah pada tulang panggul belum diketahui dengan jelas. Beberapa peneliti menyatakan bahwa makanan yang relatif tinggi fosfor dan protein di negara-negara industri diketahui mengurangi absorpsi kalsium dan memperburuk masalah defisiensi protein. Hasil penelitian Sellmeyer *et al.* (2001), bahwa wanita usia tua (>65 tahun) dengan konsumsi bahan pangan yang lebih tinggi protein hewani daripada nabati, lebih cepat menderita keropos tulang paha dan lebih besar menderita risiko kerusakan tulang panggul daripada yang mengonsumsi lebih rendah pangan hewani. Kenyataan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi protein nabati (sayuran) dan penurunan asupan protein hewani akan dapat menurunkan kerapuhan tulang dan risiko kerusakan tulang panggul. Akan tetapi, menurutnya, hasil ini masih harus diperkuat dengan hasil penelitian prospektif lainnya dan diuji secara percobaan

teracak. Seperti hasil penelitian Munger *et al.* (1999), yang melakukan suatu studi prospektif pada asupan protein dan risiko patah tulang panggul pada wanita pasca-menopause, menunjukkan bahwa ternyata dengan mengonsumsi lebih banyak protein hewani, dapat dihubungkan dengan berkurangnya kejadian patah tulang panggul pada wanita pasca-menopause.

Konsumsi kopi dilaporkan dapat menyebabkan adanya risiko tinggi dalam pengurangan massa tulang pada wanita. Akan tetapi, pada umumnya studi hanya memfokuskan perhatian pada kandungan kafein yang ada. Sedangkan pada teh, yang juga mengandung kafein, mempunyai kandungan zat yang lain seperti flavonoid, yang dapat mempengaruhi massa tulang dengan cara yang berbeda. Dari hasil penelitian Hegarty *et al.* (2000), diketahui bahwa wanita manula (65-76 tahun) yang meminum teh, ternyata mempunyai ukuran kepadatan tulang yang lebih tinggi daripada yang tidak meminum teh. Kondisi ini diduga karena adanya kandungan flavonoid yang dapat melindungi tulang dari serangan osteoporosis pada wanita manula.

Kebiasaan merokok merupakan suatu faktor risiko terjadinya penurunan kepadatan tulang, akan tetapi mekanismenya belum diketahui dengan baik. Hasil penelitian Krall dan Dawson-Hughes (1999), yang dilakukan pada pria dan wanita manula, menunjukkan bahwa kebiasaan merokok berkaitan dengan kerapuhan tulang pada pangkal paha dan seluruh tubuh dan salah satu faktor yang berkontribusi adalah kurang efisiennya absorpsi kalsium. Selanjutnya hasil penelitian Vogt (1999), menemukan adanya zat antiestrogenik akibat merokok yang berperan penting pada kerusakan tulang.