

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kalsium

1. Definisi kalsium darah

Kalsium merupakan mineral yang paling banyak terdapat di dalam tubuh, yaitu 1,5-2% dari berat badan orang dewasa atau kurang lebih sebanyak 1kg dan jumlah ini, 99% berada dalam jaringan keras, yaitu tulang dan gigi, 1% berada di jaringan lain dan cairan tubuh didistribusikan ke seluruh tubuh kurang lebih 1200 gram (Nurrachman, 2009). Kalsium merupakan zat gizi mikro yang dibutuhkan oleh tubuh dan mineral yang paling banyak terdapat dalam tubuh, yaitu 1,5-2% dari berat badan orang dewasa atau kurang lebih sebanyak 1 kg. Kalsium serum merupakan satu persen dari kalsium tubuh total, terdapat di dalam cairan ekstraseluler dan jaringan lunak. Kalsium serum terdiri dari komponen ion (50%), terikat dengan protein (40%), terutama albumin, serta sebagian kecil (81%) terikat dengan asam organik dan inorganik seperti sitrat, laktat, bikarbonat dan sulfat (Wahidah, 2013).

Kalsium darah adalah kalsium yang berada dalam darah dan jaringan lunak. Kadar kalsium darah harus dikontrol dalam batas kadar yang sempit untuk mendapatkan fungsi fisiologinya yang normal. Kalsium dalam darah atau cairan ekstraseluler (CES) berperan penting dalam proses fisiologis, yang meliputi kontraksi otot rangka, jantung dan otot polos, pembekuan darah, transmisi impuls saraf dan pembentukan tulang. Orang dewasa normal memiliki rentang konsentrasi kalsium plasma (darah) 2,2-2,6 mmol/L atau 8,8-10,4 mg/dL (Dewi, 2016). Cadangan kalsium darah disimpan dalam tulang jika tubuh kekurangan

kalsium, semakin banyak diambil akan cepat mengalami pengeroposan. Usaha mempertahankan agar keadaan normal tergantung masukan dan pengeluaran kalsium dari darah. Hampir seluruh kalsium di dalam tubuh ada dalam tulang yang berperan sentral dalam struktur dan kekuatan tulang dan gigi (Wahidah, 2013).

2. Fungsi kalsium

Menurut (Rachmiaty, 2009) fungsi kalsium antara lain adalah untuk pembentukan tulang dan gigi, berperan dalam pertumbuhan dan sebagai faktor pembantu dan pengatur reaksi biokimia dalam tubuh. Pada tulang, kalsium dalam bentuk garam (*hydroxyapatite*) membentuk matriks pada kolagen protein pada struktur tulang membentuk rangka yang mampu menyangga tubuh serta tempat bersandarnya otot yang menyebabkan memungkinkan terjadinya gerakan. Fungsi kalsium (Yulia dan Darningsih, 2010) diantaranya adalah:

- a. Membentuk struktur tulang dan gigi sebagai cadangan kalsium tubuh. Kalsium berfungsi sebagai pencegah osteoporosis yang berisiko terjadinya patah tulang terutama tulang panggul, *vertebrae*, dan deformitas (perubahan bentuk tulang) tulang belakang, terlihat tinggi badan kurang.
- b. Kalsium berperan dalam proses pembentukan hormon, enzim yang mengatur pencernaan dan metabolisme.
- c. Berfungsi dalam transmisi antar sel-sel saraf otak, pembekuan darah, penyembuhan luka dan kontraksi otot.
- d. Kalsium dapat membantu melenturkan otot pembuluh darah sehingga memudahkan lepasnya plak atau endapan yang menempel pada dinding pembuluh darah.

- e. Kalsium dapat mengurangi risiko kanker usus besar dengan cara menekan efek iritasi pada usus yang disebabkan oleh asam empedu.
- f. Kalsium sebagai nutrisi penting pada wanita menopause dengan kalsium rendah, absorpsinya tidak baik sehingga keseimbangan kalsium negatif.

3. Sumber kalsium

Sumber kalsium terbagi menjadi dua, yaitu hewani dan nabati. Sumber kalsium dari hewani antara lain; ikan, udang, susu dan produk olahan susu (*dairy*) seperti yogurt, keju dan *ice cream*, kuning telur, ikan teri, udang rebon, dan daging sapi. Sumber makanan yang mengandung kalsium nabati terdapat di sayuran hijau seperti sawi, bayam, brokoli, daun papaya, daun singkong, peterseli, lobak hijau, kembang kol, dan asparagus. Selain itu terdapat juga pada biji-bijian seperti kenari, wijen, dan kacang almond. Kacang-kacangan dan olahannya juga mengandung kalsium seperti kacang kedelai, kacang merah, kacang polong, tempe, dan tahu (Shita, 2010).

4. Kebutuhan kalsium dalam tubuh

Kadar kalsium darah dalam serum keadaan normal 8-11 mg/dl. Kalsium merupakan mineral makro yang penting untuk proses metabolisme tubuh. Kebutuhan kalsium setiap orang berkisar antara 400-1000 mg/hari. Jumlah kalsium di dalam tubuh manusia sebesar 1,5-2% dari berat badan orang dewasa. Kalsium banyak dibutuhkan pada masa pertumbuhan bayi dan anak. Semakin tua usia manusia, maka semakin banyak kalsium yang dibutuhkan (Kosnayani, 2007).

Kebutuhan kalsium pada manusia, bergantung pada laju perkembangan tulang daripada kebutuhan metabolik. Kebutuhan maksimal terjadi selama puncak

masa pertumbuhan cepat pada remaja, yang mencapai 1200 mg/hari. Keseimbangan kalsium dapat dicapai pada berbagai tingkat asupan kalsium. Hal ini menunjukkan bahwa absorpsi kalsium dapat dikendalikan dengan baik untuk memenuhi kebutuhan tubuh, bahkan pada tingkat asupan kalsium yang rendah keseimbangan kalsium tetap netral. Pada remaja, kebutuhan kalsium meningkat dan terdapat keseimbangan positif yang disebabkan oleh peningkatan efisiensi absorpsi dan penurunan jumlah kalsium yang hilang melalui urin. Keseimbangan kalsium diregulasi oleh aktivitas pada saluran pencernaan (absorpsi), ginjal (ekskresi), tulang (mobilisasi dan deposisi) (Septyandari, 2016).

Tabel 1
Kebutuhan Kalsium Per Tingkatan Usia

Usia	Jumlah kalsium yg dibutuhkan
0-6 bulan	200 mg
Usia 1-3 tahun	650 mg
Usia 4-9 tahun	1000 mg
Usia 10-18 tahun	1200 mg
Usia 19-29 tahun	1100 mg
Usia 30-80 tahun	1000 mg
Usia 80+ tahun	1000 mg
Ibu hamil	1200 mg
Ibu menyusui	1200 mg

Sumber : Permenkes No. 75 Tahun 2013 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Bagi Bangsa Indonesia

5. Metabolisme kalsium

Proses absorpsi kalsium, yang terutama terjadi di dalam bagian atas usus halus, ditingkatkan oleh *1,25- dehidroksikolekalsiferol* (dan metabolit aktif lain dari vitamin D) disertai kerja hormon paratiroid yang sinergis. Adanya metabolit

aktif di dalam sirkulasi umum dan bukan di dalam lumen usus dapat meningkatkan sintesa protein pengikat kalsium dalam enterosit. Absorpsi kalsium dapat dikurangi dengan memberikan filtrat per oral ataupun asam lemak atau fosfat berlebihan (Setyawati, 2014).

Kalsium di dalam feses terkandung dari diet yang tak diabsorpsi, juga kalsium yang keluar dari plasma ke dalam usus. Dari masukan sehari-hari 25 mmol (1 kg) kalsium, 0,1-0,3 gram diekskresikan ke dalam urin dan sisanya ditemukan di dalam feses. Hampir semua kalsium yang difiltrasi akan diabsorpsi kembali. Kalsium berlaku sebagai zat ambang dan bila kadar kalsium turun maka eksresinya ke dalam urin berhenti. Pada fungsi ginjal yang normal jumlah kalsium yang diekskresikan ke dalam urin meningkat karena kadar kalsium serum meningkat. Sekitar 2,5 mmol (0,1 gram) kalsium hilang setiap hari pada kulit dan keringat (Setyawati, 2014).

Transpor kalsium dalam usus halus dimediasi oleh proses transpor yang tersusun kompleks dan diregulasi oleh *calcitropic hormone*, yaitu: $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ dan PTH. Hormon-hormon lain, seperti glukokortikoid, prolaktin dan estrogen berperan sebagai regulator absorpsi kalsium di usus halus. Absorpsi kalsium di usus halus dapat melalui 2 mekanisme, yaitu aktif dan pasif. Transpor kalsium aktif terjadi terutama di duodenum dan *proximal* jejunum, sementara transpor pasif terjadi pada seluruh usus halus. Usus besar juga mampu mengabsorpsi kalsium namun hal tersebut masih kontroversial. Duodenum adalah tempat absorpsi kalsium yang paling efisien karena dapat mengambil kalsium bahkan pada keadaan diet sangat rendah kalsium melalui mekanisme aktif, juga memiliki

seluruh komponen bagi transpor kalsium melalui jalur *transcellular* dan *paracellular*(Muliani, 2012).

6. Gangguan metabolisme

a. Hipokalsemia

Hipokalsemia adalah konsentrasi serum kalsium kurang dari 8,5mg/dl. Ketidakmampuan untuk mengakses simpanan kalsium tulang akibat disfungsi, supresi, atau pengangkatan kelenjar paratiroid dapat menyebabkan hipokalsemia. Selain itu, hipokalsemia bisa disebabkan oleh defisiensi vitamin D, sehingga menyebabkan penurunan absorpsi kalsium dalam diet. Peningkatan ikatan protein kalsium serum akibat penurunan H^+ dapat menimbulkan hipokalsemia, karena gagal ginjal dapat menyebabkan kenaikan kadar fosfat (Corwin, 2009).

Hipokalsemia menyebabkan gangguan neuromuskulus, berupa spasme dan kram otot, serta kebas serta kesemutan di eksterimitas. Hipotensi dan penurunan curah jantung merupakan tanda terkenanya sistem kardiovaskular. Dapat muncul pula nyeri tulang, deformitas, dan fraktur. Osteomalasia dan riketsia pada masa kanak-kanak dapat terjadi. Pengobatan hipokalsemia akut berupa infus intravena senyawa kalsium. Untuk gangguan jangka panjang, dianjurkan untuk meningkatkan kalsium dan vitamin D dalam diet (Corwin, 2009).

b. Hiperkalsemia

Hiperkalsemia adalah konsentrasi kalsium lebih dari 10,5mg/dl. Biasanya terjadi akibat pelepasan berlebihan kalsium tulang yang umumnya dialami penderita hiperparatiroidisme atau neoplasma tulang. Kanker lain dapat memengaruhi remodelling tulang dan merangsang pengaktifan vitamin D, sehingga meningkatkan reabsorpsi kalsium di usus. Hormon kedua, kalsitonin,

yang disekresi dari sel – sel khusus kelenjar tiroid, juga mengendalikan kadar kalsium serum. Bila terjadi peningkatan kadar kalsium serum, maka dilepaskan kalsitonin dan berfungsi menurunkan kalsium serum dengan mengurangi penguraian tulang. Kalsitonin juga mengurangi reabsorpsi kalsium oleh ginjal, yang kemudian menurunkan kadar serum. (Corwin, 2009).

7. Faktor yang mempengaruhi kadar kalsium darah pada lansia

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kadar kalsium darah pada lansia menurut (Wahidah, 2013) diantaranya :

a. Merokok

Merokok dapat memperlambat kerja osteoblast dengan menghambat kerja hormon kalsitonin dan menghilangkannya dari peredaran darah. Merokok juga akan mengacaukan efek protektif kalsium pada tulang karena kandungan logam berat rokok, seperti kadmium, timbal dan yang lainnya, akan mengganggu penyerapan kalsium dalam usus.

b. Konsumsi kopi

Kopi hitam mengandung kafein, jika dikonsumsi dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan penurunan masa tulang. Kafein dalam dosis tinggi dapat meningkatkan pengeluaran kalsium melalui urine, maka dianjurkan bagi yang sudah berusia lanjut untuk tidak mengkonsumsi minuman yang mengandung kafein lebih dari 3 cangkir sehari.

c. Jenis kelamin

Terkait dengan fungsi kalsium dalam pembekuan darah. Hal ini akan mempengaruhi remaja putri saat menstruasi, sedangkan pria mempunyai otot lebih

kuat dibanding wanita akan membutuhkan kalsium yang sangat banyak dalam tubuh.

d. Usia

Memasuki usia akhir 30-an tulang akan kehilangan kalsium lebih cepat daripada asupan kalsium. Seiring dengan meningkatnya usia, pertumbuhan tulang akan semakin menurun. Sel osteoblas akan lebih mati karena adanya sel osteoklas yang menjadi lebih aktif, sehingga tulang tidak dapat digantikan dengan baik dan massa tulang akan turun menerus.

e. Aktivitas fisik

Tingkat aktivitas fisik seseorang berpengaruh baik terhadap absorpsi kalsium. Stress fisik dan mental cenderung menurunkan absorpsi kalsium dalam usus halus dan meningkat dalam urin.

B. Lansia

1. Definisi lansia

Lansia (lanjut usia) adalah seseorang yang telah memasuki tahapan akhir dari fase kehidupan. Kelompok yang dikategorikan lansia ini akan mengalami suatu proses yang disebut *Aging Process* atau proses penuaaan. Menua adalah suatu keadaan yang terjadi di dalam kehidupan manusia. Proses menua merupakan proses sepanjang hidup, tidak hanya dimulai dari suatu waktu tertentu, tetapi dimulai sejak permulaan kehidupan. Menjadi tua merupakan proses alamiah yang berarti seseorang telah melalui tiga tahap kehidupan yaitu anak, dewasa dan tua (Nurillah, 2016).

Pada lansia akan mengalami proses hilangnya kemampuan jaringan untuk memperbaiki diri secara perlahan sehingga tidak dapat mempertahankan tubuh

dari infeksi dan tidak mampu memperbaiki jaringan yang rusak (Nurillah, 2016). Sebagian besar lansia mengalami perubahan postur, penurunan rentang gerak dan gerakan yang melambat. Perubahan ini merupakan contoh dari banyaknya karakteristik normal lansia yang berhubungan dengan proses menua. Penurunan massa tulang menyebabkan tulang menjadi rapuh dan lemah. *Columavertebralis* mengalami kompresi sehingga menyebabkan penurunan tinggi badan. Peningkatan jaringan adiposa, penurunan pembentukan kolagen dan massa otot (Hasim, 2011).

2. Batasan – batasan lansia

Menurut (Amin & Juniati, 2017) berdasarkan Departemen Kesehatan R.I. dalam situs resminya yaitu depkes.go.id lansia dibedakan menjadi 3 golongan yaitu:

- a. Masa lansia awal = 46 – 55 tahun.
- b. Masa lansia akhir = 56 – 65 tahun.
- c. Masa manula = 65 – ke atas.

3. Osteoporosis pada lansia

Osteoporosis adalah berkurangnya kepadatan tulang yang progresif, sehingga tulang menjadi rapuh dan mudah patah. Tulang terdiri dari mineral – mineral seperti kalsium dan fosfat, sehingga tulang menjadi padat dan keras. Jika tubuh tidak mampu mengatur kandungan mineral dalam tulang, maka tulang akan menjadi kurang padat dan lebih rapuh, sehingga terjadilah osteoporosis (Adriani, 2012).

Osteoporosis primer dibagi menjadi 2 tipe yaitu, osteoporosis tipe I dan osteoporosis tipe II. Osteoporosis primer tipe I yang biasanya terjadi pada wanita pascamenopause dan pada wanita lansia, biasanya disebabkan oleh pengaruh hormon yang tidak seefektif biasanya, yang paling mempengaruhi adalah hormon estrogen yang seharusnya melindungi tulang dalam tubuh malah jumlahnya berkurang. Osteoporosis tipe II disebut juga osteoporosis senilis, disebabkan oleh gangguan absorpsi kalsium di usus sehingga berkurangnya kalsium karena pertambahan usia yang mengakibatkan timbulnya osteoporosis dan biasanya terjadi pada lansia pria (Wardhana, 2012).

Osteoporosis seharusnya dapat dicegah dan diobati. Cara yang paling tepat mencegah osteoporosis adalah dengan membudayakan Perilaku Hidup Sehat yang intinya mengkonsumsi makanan dengan gizi seimbang yang memenuhi kebutuhan nutrisi dengan unsur kaya serat, rendah lemak dan kaya kalsium (1.000 - 1.200 mg kalsium per hari), berolah raga secara teratur, tidak merokok dan tidak mengkonsumsi alkohol (Sihombing, 2009).

C. Pemeriksaan Kalsium Darah

Pemeriksaan kalsium darah dapat dilakukan dengan menggunakan serum atau plasma. Pemeriksaan kadar kalsium darah dapat dilakukan melalui bermacam-macam metode yaitu:

1. Arsenazo III

Prinsip pemeriksaan kalsium pada serum dengan metode Arsenazo III secara kimia stabil dan memiliki afinitas yang sangat tinggi terhadap kalsium pada kisaran pH netral. Gangguan yang disebabkan oleh magnesium dieliminasi dengan penambahan *8-hydroxyquinoline-5sulfonic acid*. Dalam sistem

pengujian ini, Arsenazo III yang membentuk Arsenazo III biru kompleks kalsium dengan maksimum absorbansi pada 650 nm. Konsentrasi kalsium sebanding dengan absorbansi biru berwarna kompleks Arsenazo III-kalsium.(Niranata, Sistiyono, & Setiawan, 2017).

2. *O-Cresolphthalein complexon* (OCPC)

Prinsip pemeriksaan kalsium dengan metode OCPC adalah ion kalsium akan bereaksi dengan *O-Cresolphthalein complexon* membentuk warna ungu kompleks dalam suasana alkalis. Intensitas warna ungu tua yang terbentuk berbanding lurus dengan kadar kalsium dan diukur dengan panjang gelombang antara 550 nm – 580 nm dengan absorbansi maksimal pada 570 nm. Pada pemeriksaan kadar kalsium darah menggunakan metode OCPC secara fotometri mempunyai keuntungan mudah dilakukan, tidak memerlukan waktu banyak dan hasilnya dapat dipercaya. Artinya pada metode ini lebih cermat dan efisien dibandingkan dengan metode yang lain. (Nurpalah & Hariyanti, 2015)

3. Clark and Collip

Prinsip pemeriksaan kalsium dengan metode Clark and Collip adalah kalsium diendapkan sebagai kalsium oksalat. Penambahan asam akan menghasilkan ion oksalat yang kemudian dititrasi dengan KMnO_4 . Titik akhir titrasi berwarna ungu merah muda. Yang harus diperhatikan pada metode Clark dan Collip adalah :

- a. Serum harus secepat mungkin dibekukan (karena tidak ada kalsium di dalam sel-sel), maka kalsium cenderung untuk berdifusi, sehingga konsentrasi dalam serum menurun.

- b. Tidak dibenarkan adanya endapan di dalam larutan ammonium oksalat yang digunakan untuk mengendapkan kalsium. Mungkin kristal-kristal ammonium oksalat tidak tercuci ammonium hidroksida, sehingga hasilnya lebih tinggi.
- c. Suhu pada waktu inkubasi harus di atas 70°C sebab bila tidak demikian, maka reaksi antara oksalat dan permanganat tidak stoikiometri dan hasilnya lebih rendah.
- d. pH pada waktu presipitasi harus 2,7-7,6. Jika pH kurang dari 2,7 maka pengendapan kalsium oksalat tidak sempurna.
- e. Jika pH lebih dari 7,6 maka mungkin terjadi kopresipitasi dari $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$.
- f. Air yang digunakan untuk pemeriksaan elektrolit termasuk di kalsium adalah air dimineralisata.
- g. Jika tidak ada air dimineralisata, dapat digunakan aqua bidest (Sari, 2018).

4. Kloranirat

Prinsip pemeriksaan kalsium dengan metode kloranirat adalah kalsium dalam serum diendapkan sebagai kalsium kloranirat dengan menambahkan larutan jenuh natrium kloranirat. Endapan dicuci dengan *isopropyl* alkohol untuk menghilangkan sisa-sisa asam kloranirat. Seterusnya diekresikan dengan EDTA basa, membentuk asam kloranirat bebas yang berwarna merah ungu dan diukur secara fotometri(Sari, 2018).

5. Titrasi EDTA

Prinsip pemeriksaan kadar kalsium dengan metode titrasi EDTA adalah kalsium serum dalam suasana basa (untuk mencegah gangguan magnesium) dititer

dengan larutan EDTA dengan petunjuk *Cal-Red*. Titik akhir titrasi ditandai dengan terjadinya perubahan warna dari ungu menjadi merah biru (Sari, 2018).

6. *Ion Selective Electrodes (ISE)*.

Ion yang diukur oleh ISE adalah natrium, kalium, kalsium, klorida, lithium, flourida, bromida, kadmium, dan gas dalam larutan seperti oksigen dan karbon dioksida. Metode ISE biasanya digunakan pada Laboratorium Klinik. Keunggulan metode ISE membutuhkan waktu analisis yang singkat untuk mendapatkan hasil yang akurat dan biaya yang digunakan relatif rendah. Prinsip kerja ISE adalah elektroda dari ISE mengukur tegangan potensial ion tertentu dalam larutan. Nilai tegangan potensial ini diukur terhadap elektroda yang stabil dengan tegangan potensial yang konstan. Perbedaan potensial antara dua elektroda akan tergantung pada aktivitas ion tertentu dalam larutan, sehingga memungkinkan pengguna untuk membuat analisa pengukuran ion tertentu(Alkatiri, 2017).