

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Air

2.1.1 Pengertian Air

Air merupakan senyawa kimia sederhana yang terdiri atas 2 atom hidrogen (H) dan 1 atom oksigen (O) yang sangat penting bagi kehidupan. Air mempunyai ikatan hidrogen yang cenderung bersatu padu untuk menentang kekuatan dari luar yang akan memecahkan ikatan-ikatan ini. Sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) air adalah cairan jernih tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau yang terdapat dan diperlukan dalam kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan yang secara kimiawi mengandung hidrogen dan oksigen (Musiam, 2015).

Bagi manusia, air adalah kebutuhan pokok dengan segala macam kegiatannya, seperti keperluan rumah tangga (untuk minum, masak, mandi, cuci dan pekerjaan lainnya), keperluan umum (untuk kebersihan jalan dan pasar, pengangkut air limbah, hiasan kota, tempat rekreasi dan lain-lain), keperluan industri (untuk pabrik, dan bangunan pembangkit tenaga listrik), keperluan perdagangan (untuk hotel dan restoran), keperluan pertanian dan peternakan, keperluan pelayaran dan lain sebagainya (Joko, 2010).

Air mempunyai manfaat yang sangat penting bagi tubuh manusia seperti membantu proses pencernaan, mengangkut zat-zat makanan, menjaga keseimbangan suhu tubuh, dan mengatur proses metabolisme (Musiam dkk, 2015).

2.1.2 Pengertian Air Minum

Air minum yang aman adalah air tidak memiliki risiko signifikan terhadap kesehatan di sepanjang mengonsumsi air minum selama hidup, termasuk perbedaan kerentanan yang mungkin terjadi diantara tahapan kehidupan yang berbeda. Bayi dan anak-anak, mereka yang lemah atau tinggal dalam kondisi yang tidak bersih, dan para orang lanjut usia, merupakan kelompok yang memiliki risiko tinggi terhadap penyakit bersumber air (*waterborne disease*). Mereka yang daya tahan tubuhnya sangat lemah mungkin perlu melakukan langkah tambahan, misalnya memasak air minum (Hardyanti, 2016).

Dalam menilai mutu air minum, pada dasarnya seseorang mengandalkan indra mereka. Aspek mikroba, kimiawi, dan fisik air dapat memengaruhi tampilan, bau, atau rasa air, dan akan menilai mutu dan kelayakan air berdasarkan kriteria tersebut. Perubahan penampilan, rasa, atau bau pada air minum menandakan adanya penurunan mutu sumber air mentah.

Air yang baik yaitu air yang memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologi, dan kimiawi. Yang harus dipenuhi dalam persyaratan fisika yaitu tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Secara mikrobiologi syarat-syarat yang harus dipenuhi yaitu tidak mengandung *Escherichia coli* dan bakteri *coliform*. Sedangkan persyaratan yang harus dipenuhi dalam persyaratan kimia yaitu tidak mengandung zat kimia besi (Fe), klorida (Cl⁻), arsen (As), serta kesadahan berupa CaCO₃ (Astuti dkk, 2016).

2.1.3 Sumber Air Sebagai Air Baku Untuk Air Minum

1. Air Hujan

Air hujan merupakan hasil proses evaporasi (penguapan) air dipermukaan bumi akibat pemanasan oleh matahari. Air hujan lebih baik dari air tanah. Menurut data yang telah diaporkan ternyata air hujan memenuhi syarat standar air WHO sebagai sumber air bersih dan layak untuk dikonsumsi oleh manusia. WHO menganjurkan standar air yang bisa dikonsumsi memiliki kandungan TDS (*Total Dissolved Solids*) dibawah 50 ppm. Air tanah biasanya diambil dari kedalaman 10-20 meter dan memiliki *total dissolved solids* minimal 50 ppm. Sedangkan air hujan hanya memiliki *total dissolved solids* 20-30 ppm (Ameilia,2018).

Air hujan adalah air yang murni. Tapi, dalam perjalanannya turun ke bumi air hujan akan bercampur dengan partikel-partikel dan gas yang terdapat dalam udara misalnya gas CO₂, gas N₂O₃, dan gas S₂O₃. Jadi, air hujan yang sampai dipermukaan bumi sudah tidak murni karena dapat mengakibatkan keasamaan pada air hujan (Wati, 2016).

2. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air yang mengalir dipermukaan bumi yang bersumber dari permukaan tanah, antara lain sumur, sungai, rawa, dan danau. Sebagian air permukaan berasal dari air hujan yang meresap dan membentuk mata air di gunung atau hutan, kemudian mengalir dipermukaan bumi dan membentuk sungai atau mengumpul ditempat yang cekung yang membentuk danau atau rawa. Umumnya air

permukaan merupakan air yang sangat mudah tercemar oleh bakteri, zat-zat kimia, dan zat lain yang bersifat merusak (Amelia, 2018).

a. Air sungai

Air sungai berasal dari mata air dan air hujan yang mengalir pada permukaan tanah. Air sungai dapat digunakan sebagai air minum, tetapi harus melalui pengolahan yang sempurna disebabkan karena pada umumnya air sungai memiliki derajat pengotoran yang tinggi. Air sungai memiliki debit ketersediaan yang cukup untuk memenuhi akan kebutuhan air minum (Kristia, 2016).

b. Air danau atau rawa

Air danau atau rawa merupakan air permukaan yang mengumpul pada cekungan permukaan tanah. Permukaan air danau biasanya berwarna hijau kebiruan. Warna ini disebabkan oleh banyaknya lumut di permukaan air maupun didasar danau atau rawa. Disamping itu kebanyakan warna air rawa disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk sehingga menyebabkan warna kuning coklat. Dan untuk pengambilan air sebaiknya dilakukan pada kedalaman tertentu (Mukarromah, 2016).

3. Air Tanah

Menurut definisi Undang-undang Sumber Daya Air, air tanah adalah air yang berada di dalam lapisan tanah atau bebatuan di permukaan tanah. Air tanah lebih jernih dibandingkan dengan air permukaan. Air tanah memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi. Sifat dan kandungan mineral air tanah dipengaruhi oleh lapisan tanah yang

dilaluinya. Air tanah memiliki kandungan mineral seperti Na, Mg, Ca, Fe, dan O₂ (Kristia,2016).

Air tanah dibagi menjadi dua yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam.

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah merupakan air yang terletak diatas lapisan kedap air pertama dan letaknya tidak terlalu dalam dibawah permukaan tanah. Terjadinya air tanah diakibatkan proses terjadinya peresapan air yang menyebabkan lumpur yang berada didalamnya akan tertahan begitupun dengan bakterinya, sehingga air tanah akan menjadi jernih akan tetapi air tanah lebih banyak mengandung zat – zat kimia yang merupakan garam – garam yang terlarut yang disebabkan karena melewati lapisan tanah yang mengandung unsur – unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Fungsi Lapisan tanah adalah sebagai penyaring kotoran (Ameilia, 2018).

Air yang terkumpul disebut dengan air tanah dangkal. Air tanah dangkal yaitu air yang dimanfaatkan oleh sebagian orang sebagai sumber air minum yang diperoleh melalui sumur-sumur gali. Kedalaman air tanah dangkal biasanya berkisar pada kedalaman 15 meter. Volume air pada air tanah dangkal ini bergantung pada musim. Saat terjadi musim penghujan maka volume airnya akan meningkat. Sedangkan saat terjadi musim kemarau maka volume air akan berkurang. Bahkan pada beberapa jenis tanah seringkali terjadi kekeringan pada sumur dangkal (Wati, 2016).

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam merupakan air tanah yang meresap lebih dalam ke dalam tanah melalui proses adsorpsi dan filtrasi oleh mineral dan batuan yang berada di dalam tanah. Air tanah dalam terdapat setelah lapis rapat air yang pertama. Disisi lain, pengambilan air tanah dalam tidak semudah pada air tanah dangkal karena harus menggunakan bor dan memasukkan pipa kedalamannya berkisar 100 – 300 m² (Kristia, 2016).

1.1.4 Persyaratan Mutu Air Sebagai Air Baku Untuk Air Minum

Air minum yang baik untuk dikonsumsi tidak dapat dinilai hanya lewat kasat mata manusia saja tetapi ada beberapa parameter air yang harus dipenuhi untuk memenuhi standar baku mutu air minum yaitu meliputi parameter fisika, biologi, dan kimia sehingga Menteri Kesehatan mengeluarkan Undang-Undang No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang baku mutu air minum yang baik untuk dikonsumsi (Wati, 2016).

Secara kasat mata, mungkin individu akan menganggap air terlihat jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa layak minum. Sebaiknya, jangan terlalu gegabah dan menganggap air tersebut sudah layak diminum sebelum mengetahui kandungan bahan kimia dan mikrobiologinya.

1.1.4.1 Aspek Fisika

1. Tidak berbau dan rasanya tawar

Bau dan rasa air merupakan dua hal penting yang mempengaruhi kualitas air dan merupakan dua hal yang saling berhubungan. Air yang kualitasnya baik yaitu air yang memiliki rasa tawar dan tidak berbau. Rasa

dan bau dapat dirasakan langsung dengan indra pengecap dan indra penciuman. Air yang berbau busuk merupakan sebuah tanda bahwa telah terjadi proses pembusukan (dekomposisi) bahan-bahan organik oleh mikroorganisme di dalam air. Air yang berbau busuk sudah tidak layak dikonsumsi dan memiliki rasa yang tidak enak (Mukarromah, 2016).

2. Kekeruhan

Air keruh tidak layak untuk dikonsumsi. Kualitas air yang baik untuk diminum yaitu air yang jernih atau bening serta tidak keruh. Penyebab keruhnya air adalah partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air sehingga menyebabkan air menjadi keruh. Sementara bahan-bahan penyebab air yang menjadi keruh seperti pasir, lumpur, dan tanah liat (Subhiandono, 2016).

3. Warna

Penyebab air menjadi berwarna yaitu bahan-bahan kimia atau plankton yang terlarut di dalam air. Warna yang disebabkan oleh bahan-bahan kimia sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Sedangkan warna yang disebabkan oleh adanya mikroorganisme tidak berbahaya bagi tubuh manusia. Air yang layak dikonsumsi adalah air yang jernih atau bening (Gultom, 2016).

4. Suhu normal

Suhu pada air yang baik memiliki suhu normal, kurang lebih 3°C dari suhu kamar (27°C). Suhu air yang melebihi batas normal menunjukkan adanya kontaminasi dari bahan kimia yang terlarut di dalam air dalam jumlah yang banyak seperti belerang atau fenol. Jadi jika kondisi air seperti itu lebih baik tidak diminum (Mukarromah, 2016).

5. Jumlah padatan terapung

Air yang memiliki jumlah padatan melebihi batas akan menyebabkan rasa yang tidak enak sehingga akan menyebabkan mual dan penyebab serangan jantung serta *toxaemi* pada wanita hamil. Batas maksimum jumlah padatan terapung yang diperbolehkan adalah 1.000 mg/dl. Padatan yang terlarut di dalam air berupa bahan-bahan kimia anorganik dan gas-gas yang terlarut (Mukarromah, 2016).

1.1.4.2 Aspek Mikroba

Umumnya, risiko terbesar terhadap mikroba diakibatkan oleh konsumsi air yang terkontaminasi dengan kotoran manusia atau hewan (termasuk burung). Kotoran itu dapat menjadi sumber patogen bakteri, virus, protozoa, dan cacing. Kontaminasi mikroba memberi dampak negatif bagi kesehatan sehingga pengendalian kontaminasi mikroba harus selalu menjadi perhatian (Subhiandono, 2016).

Patogen berasal dari feses merupakan masalah penting. Dalam mutu air terkait kandungan mikroba memiliki rentang yang luas dan sering berubah dengan cepat. Mikroba dalam jumlah besar yang mengkontaminasi dalam jangka pendek bisa memicu wabah penyakit bersumber air dan meningkatkan risiko penyakit secara drastis (Soedarto, 2013).

Selain patogen yang bersumber dari feses, mikroba lainnya yang sangat berbahaya adalah cacing parasit, sianobakteria beracun dapat menjadi masalah kesehatan dalam kondisi tertentu. Tahapan infeksius pada cacing pipih dan cacing gelang parasit dapat ditularkan melalui perantara air minum yang dikonsumsi oleh manusia. Disebabkan karena ketika satu saja

larva matang ataupun telur yang dibuahi dapat menyebabkan infeksi sehingga larva atau telur tersebut harus dihilangkan dari kandungan air minum (Hardyanti, 2016).

1.1.4.3 Aspek Kimiawi

Sebagian besar zat kimia menjadi berbahaya karena pajanan jangka panjang. Namun, beberapa zat kimia berbahaya yang terdapat dalam air minum perlu diwaspadai karena dapat muncul efek akibat rangkaian pajanan selama periode singkat (Ameilia, 2018).

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Minum No. 492/MENKES/PER/IV/2010

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan
1.	Parameter Fisika		
	a. Bau	-	Tidak berbau
	b. Warna	TCU	15
	c. Total zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	500
	d. Kekeruhan	NTU	5
	e. Rasa	-	Tidak berasa
	f. Suhu	DC	Suhu udara ± 30
2.	Parameter Kimiawi		
	a. Aluminium	Mg/l	0.2
	b. Besi	Mg/l	0.3
	c. Kesadahan	Mg/l	500
	d. Klorida	Mg/l	250
	e. Mangan	Mg/l	0.4
	f. Ph	Mg/l	6.5-8.5
	g. Nitrat	Mg/l	3
	h. Nitrit	Mg/l	50
	i. Seng	Mg/l	3
	j. Sulfat	Mg/l	250
	k. Tembaga	Mg/l	2
	l. Amonia	Mg/l	1.5
	m. DO	Ppm	6-8
	n. BOD	Mg/l	150
	o. COD	Mg/l	300
	p. Arsen	Mg/l	0.01

Sumber: Keputusan Menteri No. 492/MENKES/PER/IV/2010

1.1.5 Tinjauan Tentang Kesadahan Air

Salah satu parameter kimia yang dapat mengurangi kualitas air tanah adalah adalah kesadahan. Istilah air sadah digunakan pada air yang mengandung kation penyebab kesadahan. Kesadahan air dipengaruhi oleh adanya unsur kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) (Setyaningsih, 2014).

Klasifikasi dari kesadahan air dapat dibedakan menjadi dua yaitu kesadahan tetap (permanen) dan kesadahan sementara (temporer). Penyebab kesadahan tetap adalah adanya senyawa-senyawa karbonat dan juga adanya garam-garam klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{2-}) dari kalsium dan magnesium. Kesadahan tetap juga dapat dikatakan sebagai kesadahan non karbonat karena tidak dapat dihilangkan dengan cara pemanasan akan tetapi dapat dihilangkan dengan cara pertukaran ion. Sedangkan penyebab kesadahan sementara yaitu adanya senyawa-senyawa bikarbonat (HCO_3^-) dan garam-garam karbonat (CO_3^{2-}) dari kalsium dan magnesium (Astuti dkk, 2016).

Keberadaan kalsium di dalam air sangat mempengaruhi tingkat kesadahan air dimana kalsium akan bereaksi dengan karbondioksida. Karbondioksida adalah gas yang sangat mudah terlarut kedalam perairan, dapat melalui respirasi tumbuhan dan hewan akuatik dari hasil proses dekomposisi bahan organik. Jika karbondioksida bereaksi dengan air maka akan membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Didalam perairan ketika asam karbonat (H_2CO_3) melewati dasar batuan anorthite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), batuan kalkareus, serta gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dimana batuan ini banyak mengandung kalsium sehingga akan terbantu kalsium bikarbonat

[Ca(HCO₃)₂]. Sifat kimia dari kalsium bikarbonat ini yaitu mudah larut sehingga menyebabkan kesadahan pada suatu perairan. Perairan yang sadah mempunyai pH kisaran 7-9. Satuan tingkat kesadahan air dapat dituliskan dalam satuan mg/L CaCO₃ atau ppm CaCO atau dalam satuan grain atau derajat (Aribiyanto, 2016).

Mengonsumsi air minum dengan tingkat kesadahan yang tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan menimbulkan endapan pada perkakas rumah tangga. Air juga digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti mencuci baju yang menyebabkan penggunaan sabun lebih banyak karena sabun menjadi kurang efektif akibat salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca atau Mg. Unsur Ca juga dapat menyebabkan terjadinya pengerasan dengan kata lain scaling di dinding peralatan sistem penukar panas (*heat exchanger*) sehingga akan terjadi over heat yang mengakibatkan kerusakan pada alat karena kerja alat penukar panas berkurang (Dinora dan Purnomo, 2013).

Kesadahan air berdasarkan tingkat kesadahannya diklasifikasikan sebagai berikut: kesadahan < 50 mg/L tergolong dalam air lunak, 50-150 mg/L tergolong dalam air menengah, 150-300 mg/L tergolong dalam air sadah, dan > 300 mg/L tergolong dalam air sangat sadah serta dampak yang ditimbulkan air sadah bagi kesehatan antara lain dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung, batu ginjal, dan hyperparatiroidism (Musiam dkk, 2015).

2.2 Tinjauan Tentang Kalsium

2.2.1 Pengertian Kalsium

Kalsium adalah mineral yang terdapat di dalam tubuh dan merupakan salah satu zat mikro yang dibutuhkan oleh tubuh. Kalsium berperan sentral yang berada di dalam tulang dan gigi (Amran, 2018).

Kalsium berada di jaringan lunak dan di dalam cairan ekstraseluler dimana kalsium serum merupakan satu persen dari kalsium tubuh total. Kalsium serum terdiri dari beberapa komponen yaitu ion (50%), terikat dengan protein (40%), terutama albumin, dan sebagian kecil (8 – 10 %) terikat dengan asam organik dan inorganik seperti sitrat, laktat, bikarbonat dan sulfat (Tartowo dan Wartonah, 2015).

Kalsium merupakan elemen kimia dengan simbol Ca dan nomor atom 20, dengan massa atom 40.078 amu. Kalsium memiliki titik lebur 840°C serta titik didih 1484°C. Kalsium merupakan mineral paling melimpah yang terdapat dalam tubuh manusia. Di dalam tubuh orang dewasa rata-rata mengandung 25.000 mmol (1 kg). Dalam keadaan normal, konsentrasi kalsium dipertahankan dalam batas-batas sempit oleh kontrol sistem dengan melibatkan dua macam hormon yaitu hormon paratiroid (PTH) dan calcitriol (*1,25-dihidroxycholecalciferol*). Kalsitonin mungkin hanya memiliki minor peran dalam homeostasis kalsium. Di dalam tubuh manusia terdapat hormon paratiroid dan kalsitonin yang berfungsi untuk menyeimbangkan kalsium dalam darah. Hormon paratiroid merupakan polipeptida rantai tunggal yang terdiri dari 84 asam amino. Fungsi dari kelenjar paratiroid yang menempel pada permukaan tiroid yaitu untuk

homeostasis ion kalsium. Kelenjar ini mensekresi hormon paratiroid (parathyroid hormon, PTH) sehingga dapat menaikkan kadar kalsium dalam darah (Marshall, 2017).

2.2.2 Fungsi Kalsium

Kalsium berfungsi untuk integritas kulit serta struktur sel, pembekuan darah, konduksi jantung, dan juga pembentukan tulang dan gigi. Kalsium dalam cairan ekstrasel diatur oleh kelenjar paratiroid dan tiroid. Hormon paratiroid ini berfungsi mengabsorpsi kalsium melalui gastrointestinal dan sekresi melalui ginjal. Sedangkan hormon tirokalsitonin berfungsi untuk menghambat penyerapan Ca^{++} tulang (Tartowo dan Wartonah, 2015).

Fungsi kalsium lainnya yaitu berperan untuk eksitasi dan kontraksi otot jantung dan otot lainnya, sekresi hormon, transmisi sinap sistem saraf, koagulasi, agregasi platelet, serta regulator lainnya yang memerlukan eksositosis. Kalsium berperan dalam pembentukan struktur tulang dan gigi sebagai cadangan kalsium tubuh. Fungsi kalsium yaitu sebagai pencegah osteoporosis yang dapat berisiko terjadinya patah tulang seperti deformatis (perubahan bentuk tulang), tulang panggul, tulang belakang, dan vertebrae. Pada ibu hamil, asupan kalsium yang baik dapat membantu pembentukan tulang janin serta gigi janin (Zakiah, 2015).

2.2.3 Sumber Kalsium

Sumber kalsium dapat dibagi menjadi dua yaitu bersumber dari hewani dan nabati. Sumber kalsium yang berasal dari hewani seperti udang, ikan, daging sapi, ikan teri, susu dan juga produk olahan susu seperti yogurt, keju dan ice cream. Akan tetapi jika mengonsumsi makanan hewani secara

berlebihan terutama konsumsi daging sapi dapat menghambat penyerapan kalsium karena kadar proteinnya tinggi sebab kandungan protein yang tinggi akan meningkatkan keasaman (pH) darah. Maka dari itu, walaupun makanan hewani kaya akan kalsium sebaiknya harus dikonsumsi secukupnya saja. Sedangkan sumber kalsium yang berasal dari nabati terdapat pada sayuran hijau seperti bayam, brokoli, sawi, daun pepaya, juga terdapat pada kacang-kacangan seperti kacang merah, kacang polong, dan kacang kedelai (Yusmiati & Wulandari, 2017).

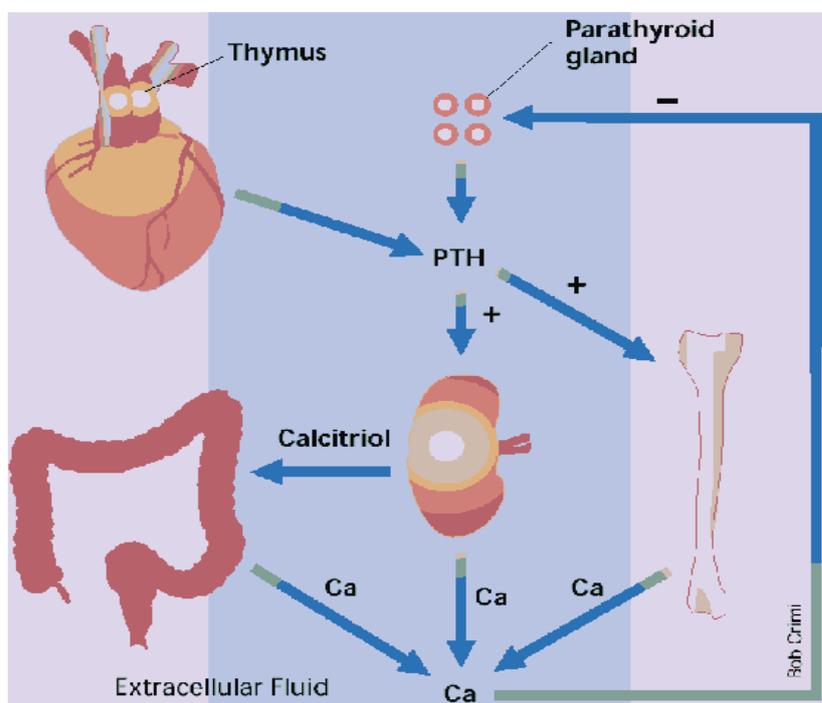
Sumber kalsium pada susu dan keju tidak dapat diragukan lagi yaitu sumber kalsium terkaya dari makanan sehari-hari. Dan sebagian besar makanan lainnya mengandung jumlah yang lebih sedikit, seperti pada kacang-kacangan, kol, kuning telur, kembang kol, dan asparagus (Amran, 2018).

2.2.4 Metabolisme Kalsium

Kalsium adalah mineral dibutuhkan oleh tubuh yang sebagian besar digunakan untuk proses biologis. 99% kalsium berada di tulang rangka dan gigi dalam bentuk kristal *hydroxyapatite*, dan 1% kalsium berbentuk ion pada cairan intraseluler dan ekstraseluler (Hidayat dkk, 2017).

Keseimbangan kalsium dipertahankan oleh tiga organ utama. Tiga organ utama yang mempertahankan keseimbangan kalsium adalah ginjal, tulang, dan gastrointestinal. Sistem gastrointestinal berperan dalam menjaga homeostasis kalsium dengan cara mengatur absorpsi kalsium melalui sel-sel gastrointestinal. Hormon vitamin D, usia manusia, diet dengan tinggi protein dan karbohidrat juga derajat keasamaan yang tinggi

(pH rendah) sebab asupan mempengaruhi jumlah absorpsi. Asupan kalsium dalam tubuh manusia tidak boleh melebihi 2500 mg/hari. Sedangkan manusia dewasa mengonsumsi kalsium berkisar 500-1200 mg per hari. Absorpsi kalsium manusia kurang lebih 175 mg/hari. Jumlah absorpsi ini akan menurun ketika meningkatnya kebutuhan terhadap kalsium sedangkan asupan akan kalsium sedikit serta seiring peningkatan usia. Pemberian kalsium harus dibagi dengan jarak 5-6 jam hal ini disebabkan karena di dalam tubuh usus hanya dapat mampu menyerap 500-600 mg kalsium. Usus halus merupakan tempat terjadinya absorpsi melalui mekanisme yang utamanya dikontrol oleh calcitropic hormones (1,25-dihydroxycholecalciferol vitamin D₃ (1,25- (OH)₂D₃) dan parathyroid hormone (PTH) (Saraswati, 2017).



Gambar 2.1 Hormon Paratiroid Dalam Metabolisme Kalsium (Dewajanti & Rumiati, 2017)

Mekanisme absorpsi yang terjadi di dalam usus halus dikontrol oleh *calci-tropic hormone* yaitu 1,25dihidroksikolekalsiferol vitamin D3 (1,25-(OH)₂D₃ dan *parathyroid hormone* (PTH). Ginjal harus mengeskresikan kalsium dalam jumlah yang sama dengan kalsium yang diabsorpsi di dalam usus halus untuk mempertahankan keseimbangan kalsium. Dalam hal ini fungsi tulang tidak hanya berfungsi sebagai penopang tubuh akan tetapi tulang juga menyediakan sistem pertukaran kalsium yang bertujuan untuk menyesuaikan kadar kalsium di dalam cairan ekstrasel dan plasma (Dewajanti & Rumiati, 2017).

Hormon paratiroid adalah hormon yang dihasilkan oleh kelenjar paratiroid untuk mengatur kadar kalsium dan fosfor dalam darah. Sel-sel pada kelenjar ini memilikisensor yang terus-menerus memonitor kadar kalsium serum dan menyesuakannya dengan produksi PTH. Hormon paratiroid terikat pada protein reseptor membran tunggal, akan memulai serangkaian proses yang khas, mengaktifasi adenil siklase sehingga terjadi peningkatan cAMP intrasel. Peningkatan cAMP akan mengaktifkan enzim kinase sehingga terjadi peningkatan kadar kalsium intrasel. Peningkatan kadar kalsium akan mengaktifasi gen spesifik dan enzim intrasel yang akhirnya memperantarai kerja biologik PTH (Dewajanti&Rumiati, 2017).

Dengan terjadinya ikatan antara PTH dengan reseptornya maka akan terjadi akselerasi pengeluaran kalsium dan fosfat tulang, terjadi peningkatan kadar kalsium ekstrasel, menurunkan ekskresi kalsium pada tubulus distal ginjal sehingga terjadi peningkatan konsentrasi kalsium ekstrasel, di usus menstimulasi produksi vitamin D aktif (kalsitriol) renal

yang meningkatkan efisiensi absorpsi aktif kalsium dan fosfat pada mukosa usus. Secara umum hormon paratitoid ini meningkatkan kadar kalsium dalam plasma. Regulasi sekresi hormon paratiroid sangat tergantung pada kadar kalsium plasma (Dewajanti & Rumiati, 2017).

2.2.5 Bahaya Kelebihan Kalsium

1. Batu Ginjal

Ginjal merupakan organ yang sangat vaskular dan penting di dalam tubuh manusia. Ginjal berfungsi untuk menyaring (filtrasi) darah yang letaknya di belakang dinding abdomen yang terbenam dalam gumpalan lemak yang melindunginya dan juga mengeluarkan zat-zat sisa metabolisme (racun) dari darah sehingga menjadi urin. Ginjal mempunyai dua bagian yaitu bagian kanan dan bagian kiri. Bagian saluran kecil yang berfungsi menghubungkan antara ginjal dengan kandung kemih (vesica urinaria) disebut ureter. Kandung kemih adalah kantong muscular yang didalamnya dilapisi dengan membran mukosa serta letaknya di depan organ pelvis lainnya yang berfungsi sebagai tempat menampung air kemih yang dibuang dari ginjal melalui ureter sebagai hasil buangan penyaringan darah (Citerawati dkk, 2018).

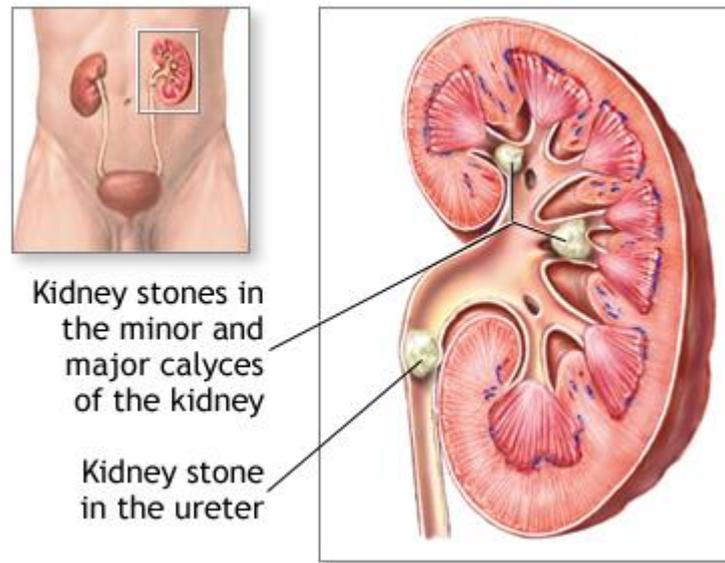
Ginjal memiliki beberapa fungsi yaitu mengatur keseimbangan elektrolit, mengatur keseimbangan asam – basa, mengatur volume dan osmolalitas cairan di dalam tubuh, memproduksi dan menyekresi hormon, mengekskresi sisa – sisa metabolik, toksin, dan juga zat asing. Salah satu fungsi ginjal lainnya untuk mempertahankan homeostasis yang berperan untuk mempertahankan stabilitas volume dan komposisi elektrolit cairan

ekstrasel (CES). Selain itu, fungsi ginjal yang tidak kalah penting yaitu merupakan jalan penting untuk mengeluarkan berbagai macam zat – zat sisa metabolik yang bersifat toksik juga senyawa – senyawa asing yang terdapat di dalam tubuh karena zat – zat tersebut tidak dapat dikeluarkan dalam bentuk padat, dan harus diekskresikan kedalam bentuk cairan sehingga ginjal harus menghasilkan 500 ml air kemih yang berisi zat sisa per hari (Creek,2018).

Ginjal mempertahankan keseimbangan fisiologis dengan mengatur komposisi cairan dan pelarut dalam darah. Ginjal harus mengekskresikan kalsium dalam jumlah yang sama dengan kalsium yang diabsorpsi di dalam usus halus untuk mempertahankan keseimbangan kalsium. Fungsi tulang tidak hanya berfungsi untuk penopang tubuh tetapi juga untuk menyediakan sistem pertukaran kalsium. Sistem ekskresi kalsium dengan sebagian besar kalsium yang masuk dan dikeluarkan melalui feses dan sebagian kecil lainnya melalui urin, sekitar 200 mg/hari berfungsi untuk mempertahankan kadar normal di dalam tubuh (Muliani, 2012).

Batu ginjal atau nefrolitiasis merupakan suatu penyakit akibat terbentuknya struktur kristal di dalam saluran kemih yang telah mencapai ukuran yang cukup sehingga menimbulkan gejala. Batu ginjal ini dapat terbentuk dari kalsium, kombinasi asam urat yang biasanya larut dalam urin, maupun fosfat. Faktor risiko untuk penyakit batu ginjal seperti usia, obesitas, diabetes, kelainan ginjal struktural, asupan cairan, penyakit ginjal, sindrom metabolik, dan juga penyakit saluran pencernaan tertentu. Selain itu, faktor makanan berperan penting dalam batu ginjal, seperti

asupan cairan yang rendah maupun asupan cairan yang berlebihan dari garam, kalsium, protein, dan oksalat yang merupakan pemicu dari faktor risiko yang dapat diubah menjadi batu ginjal (Citerawati, dkk, 2018).



Gambar 2.2 Batu Ginjal (Creek, 2018)

Secara garis besar, pembentukan batu ginjal dapat dipengaruhi oleh faktor instrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor instrinsik merupakan faktor yang berasal di dalam diri individu itu sendiri seperti keturunan atau herediter, jenis kelamin dan umur. Sedangkan faktor ekstrinsik merupakan faktor yang berasal dari luar diri individu seperti faktor lingkungan, kondisi geografis daerah, jumlah air minum, olahraga, obesitas, diet dan konsumsi vitamin. Secara umum, faktor resiko batu ginjal atau nefrolitiasis biasanya disebabkan karena adanya faktor riwayat batu pada keluarga, adanya batu pada usia muda, kondisi medis lokal sistematik, adanya penyakit asam urat dan predisposisi genetik (Citerawati dkk, 2016).

Penderita batu ginjal memiliki gejala yang umum terjadi yaitu nyeri dengan perasan berat hingga tajam di bagian punggung, selangkangan, dan bagian perut. Gejala lain yaitu nyeri terasa saat buang air kecil dan disertai dengan mual atau muntah. Resiko batu ginjal pada pria cenderung 4 kali lebih beresiko terkena penyakit batu ginjal dibandingkan pada perempuan. Hal ini dapat disebabkan karena saluran kemih pada perempuan lebih pendek dari pada pria. Batu ginjal biasanya terjadi pada pria yang berusia 45 tahun sedangkan pada perempuan biasanya terjadi pada usia 41 tahun (Fikriani dan Wardhana, 2018).

2. Hiperkalsemia

Hiperkalsemia dapat didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana konsentrasi kalsium di dalam darah melebihi dari 10,40 mg/dl atau mengacu pada kelebihan kalsium dalam plasma. Keadaan hiperkalsemia ini merupakan akibat dari ketidakseimbangan yang bisa berbahaya bila berat. Penyebab hiperkalsemia yaitu akibat peningkatan asupan kalsium ataupun peningkatan penyerapan pada saluran cerna. Asupan kalsium yang berlebihan ini dapat berasal dari makanan yang banyak mengandung unsur kalsium. Orang-orang yang banyak mengonsumsi kalsium dalam jumlah besar (seperti pada penderita *ulkus peptikum* yang banyak meminum susu serta juga mengonsumsi antasid yang mengandung kalsium bisa menyebabkan hiperkalsemia) (Saputra & Lyndon, 2013).

Penyebab umum hiperkalsemia adalah penyakit neoplastik malignan dan hiperparatiroidisme. Tumor malignansi dapat menyebabkan hiperkalsemia melalui berbagai mekanisme. Sekresi hormon paratiroid

berlebih yang berkaitan dengan hiperparatiroidisme menyebabkan meningkatnya pelepasan kalsium dari tulang dan meningkatnya penyerapan kalsium pada usus dan ginjal (Tartowo dan Wartonah, 2015).

Mineral tulang akan hilang selama imobilisasi, kadang menyebabkan kenaikan kalsium total (dan secara khusus terionisasi) dalam aliran darah. Hiperkalsemia simtomatik akibat imobilisasi, bagaimanapun jarang terjadi, bila memang terjadi hal ini tampaknya terbatas pada individu dengan angka kepulihan kalsium yang tinggi (seperti pada remaja selama pertumbuhan yang cepat). Sebagian besar kasus hiperkalsemia sekunder terhadap imobilitas terjadi setelah fraktur hebat atau multipel atau paralisis traumatik yang luas (Tartowo dan Wartonah, 2015).

Hiperkalsemia memiliki tanda-tanda dan gejala seperti kelemahan, anoreksia, mual, muntah, nyeri tulang, nyeri panggul sekunder terhadap batu ginjal, stupor, depresi, letargi, gatal, poliuria (Saputra & Lyndon, 2013).

3. *Hyperparathyroidism*

Kesadahan dalam tubuh pada tingkat tertentu dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, tetapi ketika kesadahan menjadi tinggi atau melebihi batas normal dan dikonsumsi manusia pada jangka waktu yang panjang maka akan dapat mengganggu kesehatan tubuh. Secara khusus kelebihan unsur kalsium dalam tubuh akan menjadikan batu ginjal (*Nephrolithiasis*), hiperparatyroidism, serta jaringan otot rusak (*musculusweaknes*). Zat kapur yang berlebihan dapat berasal dari makanan yang banyak mengandung kalsium (Bobihu, 2012).

Kelebihan kalsium menjadikan *Hyperparathyroidism* yaitu suatu kondisi dimana berlebihnya produksi hormon paratiroid dalam darah. Gejala dari *Hyperparathyroidism* seperti tulang mudah patah (osteoporosis), batu ginjal dan sering buang air kecil (Rosyidatul, 2017).

2.2.6 Bahaya Kekurangan Kalsium

Kalsium disimpan di dalam bagian ujung tulang panjang yang disebut dengan trabekula. Simpanan kalsium ini berguna untuk mempertahankan kadar normal kalsium di dalam darah. Ketika kadar normal kalsium di dalam darah berkurang, maka kalsium simpanan atau cadangan yang berada di dalam tulang akan diambil. Jika kondisi ini berlangsung secara terus-menerus maka akan mengakibatkan cadangan kalsium di dalam tulang akan berkurang dan berakhir (Shita & Sulistiyani, 2010).

Pada masa pertumbuhan, jika terjadi kekurangan kalsium maka dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, tulang yang kurang kuat serta mudah bengkok dan rapuh. Orang dewasa terutama orang yang telah berusia 50 tahun keatas akan kehilangan kalsium dari tulangnya. Sehingga menyebabkan tulang akan menjadi rapuh dan mudah patah yang disebut dengan osteoporosis. Salah satu faktor risiko terjadinya osteoporosis yaitu kondisi dari rendahnya massa tulang dan kepadatannya disebabkan karena asupan kalsium yang rendah (Limawan dkk, 2015).

Kekurangan kalsium dapat juga menyebabkan osteomalasia yang disebut juga riketsia pada orang dewasa serta hal ini biasa terjadi karena kekurangan vitamin D dan juga akibat tidak seimbangnya konsumsi kalsium terhadap fosfor. Pada ibu hamil, jika asupan kalsiumnya

berkurang maka akan berpengaruh terhadap gigi bayi setelah lahir. Hal ini menyebabkan erupsi gigi menjadi terlambat dan kelainan pada gigi seperti hipoklasifikasi email (Zakiah, 2015).

2.2.7 Pengaruh Kesadahan Bagi Tubuh

Kesadahan adalah suatu kondisi dimana terdapat kandungan kapur secara berlebihan di dalam air. Pada prinsipnya kesadahan merupakan air yang terkontaminasi dengan unsur kation seperti Ca, Na, dan Mg. Kation-kation ini bisa bereaksi dengan sabun membentuk endapan, juga dapat bereaksi dengan anion-anion yang terdapat di dalam air yang akan membentuk endapan atau karat terhadap peralatan logam (Astuti dkk, 2016).

Kesadahan dalam tubuh pada tingkat tertentu dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, tetapi ketika kesadahan menjadi tinggi atau melebihi batas normal dan dikonsumsi manusia pada jangka waktu yang panjang maka akan dapat mengganggu kesehatan tubuh. Secara khusus kelebihan unsur kalsium dalam tubuh akan menjadikan batu ginjal (*Nephrolithiasis*), *hyperparathyroidism*, serta jaringan otot rusak (*musculusweaknes*) (Bobihu, 2012).

Dalam pemakaian yang cukup lama kesadahan dapat menimbulkan gangguan ginjal akibat terakumulasinya endapan CaCO_3 dan MgCO_3 . Hal ini sesuai dengan hasil penelitian menyatakan bahwa ada hubungan bermakna antara kualitas kesadahan total air bersih dengan kejadian penyakit batu ginjal dan saluran kemih. Perhitungan menunjukkan bahwa responden yang kadar kesadahan air bersihnya tidak memenuhi syarat

mempunyai risiko terkena penyakit batu ginjal dan saluran kemih sebesar 5,916 kali lebih besar dari pada responden yang kadar kesadahan air bersihnya memenuhi syarat (Krisna, 2011).

2.2.8 Pemeriksaan Kalsium

Sampel pada pemeriksaan kalsium dapat berupa darah atau urin. Pemeriksaan kalsium pada urin merupakan tes penyaring dapat dilihat dari pemeriksaan sedimen urin dengan positif Ca-Oxalat. Pemeriksaan kalsium urin lainnya dengan menggunakan metode Sulkowitch yaitu reagen sulkowitch akan mengendapkan kalsium dalam bentuk kalsium oksalat. Dengan cara penambahan 3 ml urin kedalam tabung reaksi tes dan kontrol, penambahan 3 ml reagen sulkowitch pada tabung tes setelah itu ditunggu 2-3 menit (Atmojo, 2019).

Pemeriksaan kalsium dalam darah adalah pemeriksaan kadar kalsium pada tubuh yang tidak tersimpan dalam tulang. Pemeriksaan kadar kalsium darah juga bagian dari skrining untuk berbagai macam penyakit.

- a. Metode : CPC (*cresolphthalein-complexone*)
- b. Prinsip : Ion kalsium bereaksi dengan *o-cresolphthalein-complexone* (CPC) dalam media alkali untuk membentuk warna ungu kompleks. Absorbansi kompleks ini sebanding dengan konsentrasi kalsium dalam sampel
- c. Prosedur pemeriksaan
 1. Untuk membuat reagen kerja, pipet 500 μ l RGT dan 500 μ l BUF dalam volume yang sama. Homogenkan dan diamkan selama 30 menit pada suhu kamar sebelum digunakan.

2. Pipet reagen kerja sebanyak 1000 μl , untuk membuat blanko.
3. Pipet reagen standart 20 μl kemudian tambahkan 1000 μL , untuk membuat standart.
4. Pipet serum sebanyak 20 μl kemudian tambahkan reagen kerja sebanyak 1000 μl , untuk membuat sampel.
5. Homogenkan, inkubasi selama 5 menit pada suhu 20-25°C.
6. Baca pada panjang gelombang 546 nm.
7. Stabil sampai 30 menit.