

TESIS

**KORELASI ANTARA KONSENTRASI KALSIMUM SERUM DENGAN
FUNGSI PARU PADA REMAJA
DI MAKASSAR**



OLEH

**ERMIDA SUMARDI
NIM P062181033**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR**

2020

TESIS

**KORELASI KONSENTRASI KALSIMUM SERUM DENGAN FUNGSI PARU
PADA REMAJA DI MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

ERMIDA SUMARDI

Nomor Pokok P062181033


Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis


pada tanggal 30 JANUARI 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat


Menyetujui

Komisi Penasihat,


dr. Arif Santoso, Sp.P(K) Ph.D. FAPSR
Ketua


dr. Andriany Qanitha, M.Sc.Ph.D
Anggota

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Biomedik,


Dr. dr. Iku Yunitisla, M.Sc

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,


Prof. Dr. Ir. Jariyuluddin Jompa, M.Sc

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS


Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Ermida Sumardi
Nomor Pokok : P062181033
Program Studi : Magister Ilmu Biomedik

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, Januari 2020

Yang menyatakan,


Ermida Sumardi

ABSTRAK

Nama : Ermida Sumardi
Judul : Korelasi Antara Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Fungsi Paru Pada Remaja Di Makassar
Pembimbing : 1. dr. Arif Santoso, Ph.D.Sp.P (K)
2. dr. Andriany Qanitha, M.Sc.,Ph.D.

Latar belakang : Paru-paru sebagai organ pernafasan melaksanakan proses respirasi yaitu menghirup udara dari luar, masuk ke sistim pernafasan yang akan bercampur dengan darah. Di dalam darah terdapat nutrisi dan oksigen termasuk kalsium. Kalsium sangat penting untuk metabolisme tubuh, menghubungkan kerja saraf, jantung, mineralisasi tulang dan koagulasi darah. Tujuan penelitian mengidentifikasi korelasi konsentrasi kalsium serum dengan fungsi paru pada remaja.

Metode : Desain penelitian *cross sectional study* dengan jumlah sampel 57 siswa di SMA Sanur Makassar. Pengukuran konsentrasi kalsium melalui pemeriksaan specimen darah, sedangkan fungsi paru (KV, VEP1, APE dan MVV) diukur menggunakan spirometri.

Hasil : Uji *pearson* menunjukkan korelasi yang signifikan dan hubungan positif antara konsentrasi kalsium serum dengan fungsi paru (KV: $p = 0,043 < 0,05$, $r = 0,270$, VEP1: $p = 0,004 < 0,05$, $r = 0,374$, APE: $p = 0,043 < 0,05$ $r = 0,269$ dan MVV: $p = 0,021 < 0,05$ $r = 0,305$).

Kesimpulan : Terdapat korelasi yang signifikan antara konsentrasi kalsium serum dengan fungsi paru (KV, VEP1, APE dan MVV), meskipun derajat korelasi berada pada kategori lemah, namun semua variabel tersebut berkorelasi secara positif. Artinya, semakin meningkat (normal) kadar konsentrasi kalsium serum pada remaja maka fungsi paru (KV, VEP1, APE dan MVV) juga akan meningkat (normal).

Kata Kunci: Kalsium serum, fungsi paru, kapasitas vital (KV), volume ekspirasi detik 1 (VEP1), arus puncak ekspirasi (APE), *maksimal voluntary ventilation* (MVV)

ABSTRACT

Background: Lungs as respiratory organs carry out the process of respiration that is breathing air from the outside, into the respiratory system which will be mixed with blood. In the blood there are nutrients and oxygen including calcium. Calcium is very important for the body's metabolism, connecting the nerves, the heart, bone mineralization and blood coagulation. The aim of the study was to identify the correlation of serum calcium concentration with lung function in adolescents.

Method: A cross sectional study design with a sample of 57 students at Sanur Makassar High School. Measurement of calcium concentration through examination of blood specimens, while lung function (KV, VEP1, APE and MVV) was measured using spirometry.

Results: Pearson test showed a significant correlation and positive relationship between serum calcium concentration and lung function (KV: $p = 0.043 < 0.05$, $r = 0.270$, VEP1: $p = 0.004 < 0.05$, $r = 0.374$, APE: $p = 0.043 < 0.05$ $r = 0.269$ and MVV: $p = 0.021 < 0.05$ $r = 0.305$).

Conclusion: There is a significant correlation between serum calcium concentration and lung function (KV, VEP1, APE and MVV), although the degree of correlation is in the weak category, all of these variables are positively correlated. That is, increasing (normal) serum calcium concentration levels in adolescents then lung function (CV, VEP1, APE and MVV) will also increase (normal).

Keywords: Serum calcium, lung function, vital capacity (CV), second expiratory volume (VEP1), peak expiratory current (APE), maximum voluntary ventilation (MVV)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia_Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Fungsi Paru Pada Remaja di Makassar”.

Dalam penyusunan tesis ini penulis banyak mendapatkan arahan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr.dr.Ika Yustisia, S.Ked., M.Sc, sebagai ketua program studi Magister Ilmu Biomedik Sekolah Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin beserta dosen dan staf atas segala arahan, bimbingan dan motivasi selama penulis mengikuti pendidikan di Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
2. dr. M. Aryadi Arsyad, M.Biomed, Ph.D, selaku ketua konsentrasi Biomedik (Fisiologi) yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi selama proses pendidikan.
3. dr. Arif Santoso, Ph.D,Sp.P (FAPSR), sebagai pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, bantuan, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis ini.
4. dr. Andriany Qanitha. M.Sc., Ph.D, selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan, bantuan, bimbingan dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
5. Dr.dr.Irfan Idris, M.Kes, sebagai penguji I yang telah memberikan arahan, bantuan, bimbingan dan motivasi dalam penyusunan tesis ini.
6. dr. Andy Ariyandi, Ph.D, sebagai penguji II yang telah memberikan arahan, bantuan, bimbingan dan motivasi dalam penyusunan tesis ini.
7. Prof.Dr.dr.Andi Wardihan Sinrang, MS.i, sebagai penguji III yang telah memberikan arahan, bantuan, bimbingan dan motivasi dalam penyusunan tesis ini.

8. Orang tua yang telah memberikan dukungan dan do'a kepada penulis dalam proses pendidikan dan penyusunan tesis ini.
9. Suamiku Ns., Dian Setya Budi., M.Kep, dan anak-anakku tersayang Farsya Fachira Utami dan Faza Dwi Adhiyatma yang senantiasa memberikan do'a motivasi dan selalu menjadi penyemangat penulis selama pendidikan dan penyusunan tesis ini.
10. Kakak, adik serta semua keluarga yang telah memberikan dukungan dan do'a kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
11. Teman-teman mahasiswa Sekolah Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin angkatan 2018 dan lainnya sukses selalu buat kita semua.

Penulis menyadari dalam penyusunan tesis ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis akan selalu menerima masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN SAMBUNG	
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR BAGAN.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
1. Tujuan Umum.....	5
2. Tujuan Khusus	5
D. Manfaat Penelitian	6
1. Manfaat Keilmuan.....	6
2. Manfaat Aplikatif.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Konsep Kalsium	7
1. Definisi	7
2. Fungsi Kalsium	8
3. Sumber Kalsium	9
4. Defisiensi Kalsium	9
5. Efek Kelebihan Kalsium	10
6. Metabolisme Kalsium	10
7. Faktor yang Mempengaruhi	11
8. Bentuk Senyawa Kalsium	15
9. Peran Ion Kalsium	16
10. Kontraksi Otot	18
B. Konsep Faal Paru.....	21
1. Anatomi Paru	21
2. Respirasi Eksternal	24
3. Fisiologi Paru	24
4. Faktor yang mempengaruhi paru	28
5. Volume Paru	29
6. Kapasitas Paru.....	30
7. Makna dari Volume dan Kapasitas Paru	31
8. Uji Fungsi Paru.....	32

C. Konsep Remaja.....	36
1. Definisi.....	36
2. Perkembangan Remaja.....	37
3. Pertumbuhan Fisik.....	38
4. Kebutuhan Kalsium Remaja.....	39
D. Kerangka Teori.....	40

BAB III KERANGKA KONSEP, VARIABEL DAN HIPOTESA PENELITIAN

A. Kerangka Konsep.....	41
B. Variabel Penelitian.....	41
1. Variabel Dependen.....	41
2. Variabel Independen.....	41
C. Hipotesa Penelitian.....	41
D. Definisi Operasional.....	42

BAB IV METODELOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian.....	43
B. Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	43
1. Waktu.....	43
2. Lokasi.....	43
C. Populasi Dan Sampel.....	43
1. Populasi.....	43
2. Sampel.....	44
3. Tehnik Sampling.....	44
D. Instrumen Penelitian.....	45
E. Alur Penelitian.....	48
F. Validitas Dan Reabilitas.....	48
G. Tehnik Pengumpulan Data.....	49
H. Tehnik Analisa Data.....	50
I. Analisa Data.....	51
J. Etika Penelitian.....	52

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	54
B. Pembahasan.....	62

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	69
B. Saran.....	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel Teks		Hal
3.1	Definisi Operasional Variabel.....	42
5.1	Karakteristik Umum Responden.....	54
5.2	Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Kapasitas Vital (KV) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	55
5.3	Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Volume Ekspirasi Detik Pertama (VEP1) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	57
5.4	Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Arus Puncak Ekspirasi (APE) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	58
5.5	Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Maksimal Voluntary Ventilation (MVV) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	59

DAFTAR GAMBAR

	Hal
2.1 <i>Anatomi Sistem Pernapasan.....</i>	22
2.2 <i>Anatomi Otot Pernapasan.....</i>	23
2.3 <i>Variasi Normal Volume paru dalam spirogram.....</i>	32

DAFTAR BAGAN

	Hal
2.1 Peran Kalsium Pada Kontraksi Otot.....	20
2.2 Kerangka Teori Penelitian.....	40
3.1 Alur Penelitian.....	48

DAFTAR GRAFIK

	Hal
5.1 Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Kapasitas Vital (KV) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	55
5.2 Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Volume Ekspirasi Detik Pertama (VEP1) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	56
5.3 Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Arus Puncak Ekspirasi (APE) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	57
5.4 Korelasi Konsentrasi Kalsium Serum Dengan Maksimal Voluntary Ventilation (MVV) Pada Responden di SMA Sanur Makassar.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lembar Persetujuan Menjadi Responden
2. Instrumen Penelitian
3. Master Data Penelitian
4. Analisis Statistik
5. Surat Persetujuan Penelitian dari Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Bagian Fisiologi
6. Persetujuan Komisi Etik Universitas Hasanuddin Makassar No: 964/UN4.6.4.5.31/PP36/2019
7. Surat Permohonan Izin Penelitian dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Hasanuddin Sekolah Pasca Sarjana
8. Surat Izin Permohonan Penggunaan Laboratorium dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Hasanuddin Sekolah Pasca Sarjana
9. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian dari Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Remaja adalah suatu masa dalam kehidupan yang merupakan peralihan (masa transisi) anak-anak menuju dewasa. Perubahan pada masa remaja terjadi pada dekade kedua masa kehidupan seperti peningkatan perkembangan fisik, mental, emosi dan sosial (Pardede, 2018). Pada masa remaja pertumbuhan tinggi badan rata-rata 20 cm per tahun pada laki-laki dan pada perempuan 16 cm per tahun. Selain penambahan tinggi badan, juga terjadi pertumbuhan dan perkembangan organ paru pada masa remaja (Kadri, 2017).

Kekuatan otot-otot pernafasan, thoraks maupun abdominalis sangat mempengaruhi fungsi paru-paru. Selain itu ekspansi paru, elastisitas dinding dada dan fungsi neuromuskuler yang terkoordinasi dengan baik juga sangat penting dalam pernafasan dan fungsi paru (Guyton and Hall, 2013).

Pertumbuhan paru dimulai sejak fase anak sampai usia sekitar 22 tahun atau 24 tahun. Seiring dengan bertambahnya usia seseorang, secara normal juga akan terjadi perubahan nilai fungsi paru yang secara statis (menetap) sampai usia 30 tahun akan mengalami penurunan secara perlahan (gradual) (Sholihah, 2015).

Salah satu yang penting dalam menentukan fungsi paru yaitu kapasitas vital, yang mencerminkan daya elastisitas organ paru dan

kekuatan pergerakan dinding thoraks. Nilai kapasitas vital dipengaruhi oleh anatomi tubuh, kekuatan otot-otot pernafasan, daya *compliance* paru dan posisi tubuh pada saat pengukuran fungsi paru. Pada pria dewasa kapasitas paru-parunya cenderung lebih besar (20 – 25%) dibanding pada wanita. Kekuatan otot antara pria dan wanita juga berbeda. Pada wanita dewasa muda kapasitas vital kurang lebih 3,1 liter, sedangkan pada pria dewasa muda sekitar 4,6 liter. Orang yang memiliki postur tubuh yang tinggi kurus memiliki kapasitas vital paru lebih besar dibandingkan dengan orang yang pendek dan gemuk. Orang yang melakukan latihan (olahraga) rutin dapat meningkatkan kapasitas vital paru sekitar 30 – 40 % dari normal (Guyton and Hall, 2013). Selain kekuatan otot pernafasan, berat badan dan tinggi badan juga mempengaruhi nilai fungsi paru (Sahat, 2011).

Keadaan ventilasi, difusi dan perfusi adalah 3 komponen penting dalam respirasi, dan secara fisiologis bertujuan untuk menentukan sejauh mana kemampuan paru-paru. Berikut adalah contoh alat-alat sederhana yang dapat digunakan untuk mengukur ventilasi, antara lain: peak flow meter, spirometri dengan gas tertentu, dan spirometri sederhana. Dengan spirometer maka dapat diketahui banyaknya volume udara yang dihirupkan dari volume paru total ke volume residu. Fungsi paru yang dapat diukur dengan spirometri adalah *Vital Capacity (VC)*, *Forced Expiratory in One second (FEP1)*, *Voluntary Ventilation Maximal (VVM)* dan *Forced vital capacity (FVC)*. *Peak expiratory Flow Rate (PEFR)* yaitu kecepatan maksimum aliran

udara yang terjadi ketika seseorang ekspirasi paksa secara cepat dimulai dari inspirasi maksimal. Untuk menginterpretasikan nilai PEFr adalah apabila terjadi perubahan menandakan ada hambatan aliran udara pada saluran pernafasan. Nilai fungsi paru bervariasi dan dapat ditentukan oleh usia, jenis kelamin, tinggi badan dan berat badan (Sudarmawan and Arkhaesy, 2019).

Paru-paru sebagai organ pernafasan melaksanakan proses respirasi dimulai dari menghirup udara dari luar (atmosfir) masuk ke sistim pernafasan selanjutnya akan bercampur dengan darah. Terdapat nutrisi dan oksigen di dalam darah termasuk diantaranya kalsium dan kalium yang berfungsi untuk mendukung kerja saraf dalam melakukan potensial aksi terhadap otot sehingga massa otot dapat dipertahankan. Demikian juga dengan otot pernafasan yang bekerja untuk mempertahankan ventilasi paru (Arifatuzzahro and Anam, 2019).

Selain dibutuhkan untuk pembentukan tulang dan gigi, kalsium yang merupakan mineral penting tubuh juga berfungsi untuk menunjang kerja otot, memelihara otot dan syaraf dalam tubuh agar dapat berfungsi secara normal (Dewajanti *et al.*, 2017). Untuk melakukan potensial aksi, mempertahankan massa otot dan meningkatkan kerja otot diperlukan peranan ion kalsium (Guyton and Hall, 2013).

Kalsium merupakan salah satu mineral tubuh yang sangat penting untuk metabolisme tubuh, menghubungkan kerja saraf,

jantung, mineralisasi tulang dan koagulasi darah. Selain itu, Kalsium berperan untuk menjaga integritas dan permeabilitas membrane (Yildirim *et al.*, 2018). Kalsium juga memiliki peran penting sebagai *second messenger* di intra sel dalam regulasi sel. Keseimbangan kalsium di intra sel dalam regulasi sel diatur dengan cara terjadinya ikatan antara kalsium dan protein EF – kalmodulin yang mengaktivasi sel sehingga akan meningkatkan kalsium bebas di intrasel (sitosol) seratus kali. Peningkatan kalsium menyebabkan transduksi sinyal yang berbeda terhadap berbagai aktivitas sel, demikian pula pada aktivitas otot pernafasan (Kurniawan, 2016).

Seiring bertambahnya usia, absorbs kalsium juga akan semakin menurun. Anak usia 1 sampai 10 tahun absorbs kalsium sekitar 75%, remaja 40%, usia dewasa muda 20 – 35 tahun sekitar 20 – 30%. Usia anak dan remaja lebih banyak membutuhkan kalsium 2 – 4 kali dibanding orang dewasa untuk mendukung kebutuhan pertumbuhan mereka. Untuk memenuhi kebutuhan tubuh, kalsium disimpan sebagai cadangan di dalam tulang (Valentina *et al.*, 2014).

Penelitian tentang kalsium khususnya yang berhubungan dengan saluran pernapasan masih sangat sedikit, beberapa penelitian epidemiologi menunjukkan adanya hubungan kekurangan vitamin D dan kalsium dengan berbagai penyakit paru seperti penyakit paru obstruktif kronis, fibrosis kistik, infeksi pada saluran napas dan serangan asma (Rompies, 2016).

Berdasarkan latar belakang diatas maka tubuh sudah seharusnya perlu mendapatkan asupan yang seimbang agar dapat membantu proses absorpsi kalsium dari saluran cerna yang kemudian dapat digunakan sebagai pengatur regulasi sel dan aktivitas otot, termasuk otot-otot pernafasan yang pada akhirnya berdampak pada perubahan faal pada paru, oleh karena itu maka penulis tertarik untuk mengetahui lebih lanjut mengenai korelasi antara konsentrasi kalsium serum dengan fungsi paru pada remaja di SMA Sanur Makassar.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut penulis dapat merumuskan masalah penelitian “adakah korelasi antara konsentrasi kalsium serum dengan fungsi paru pada remaja di SMA Sanur Makassar” ?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui korelasi antara konsentrasi kalsium serum dengan fungsi paru pada remaja di SMA Sanur Makassar.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui gambaran konsentrasi kalsium serum pada remaja di SMA Sanur Makassar.
- b. Mengetahui gambaran fungsi paru pada remaja di SMA Sanur Makassar.
- c. Mengetahui korelasi antara konsentrasi kalsium serum dengan fungsi paru pada remaja di SMA Sanur Makassar.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Keilmuan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan bidang biomedik dengan konsentrasi fisiologi khususnya terkait dengan konsentrasi kalsium dengan fungsi paru pada remaja di SMA Sanur Makassar.

2. Manfaat Aplikatif

Memberikan masukan bagi penulis dan remaja di Makassar dalam upaya meningkatkan dan pengembangan pengetahuan tentang fungsi paru.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Kalsium

1. Definisi

Kalsium adalah mineral paling banyak dalam tubuh dan termasuk mineral yang sangat penting. Tubuh membutuhkan kalsium untuk membentuk serta memperbaiki tulang dan gigi, membantu fungsi saraf, kontraksi otot, pembentukan darah dan berperan pada fungsi jantung. Semua kalsium yang masuk ke dalam tubuh (melalui makanan atau asupan) sebagian besar disimpan oleh tubuh dan tidak dibuang melalui urin atau feses (Kurniawan, 2016).

Pada kondisi normal, kadar kalsium terkontrol dengan baik. Saat jumlah kalsium menurun, kalsium dilepaskan dari tulang untuk mengembalikan jumlah kalsium dalam darah. Saat jumlah kalsium darah naik, kelebihan kalsium mungkin disimpan ditulang atau dikeluarkan dari tubuh melalui urin atau feses. Kontrol ini tergantung pada:

- a. Jumlah diet kalsium.
- b. Jumlah kalsium dan vitamin D yang di absorsi (diserap) oleh usus.
- c. Jumlah fosfat didalam tubuh.
- d. Produksi hormone paratiroid, kalsitonin dan estrogen.

2. Fungsi kalsium

Kalsium mempunyai peran vital pada tulang sehingga dapat mencegah timbulnya osteoporosis. Namun kalsium yang berada di luar tulang juga mempunyai peran yang besar, antara lain mendukung kegiatan enzim, syaraf, dan darah. Berikut beberapa manfaat kalsium bagi tubuh:

- a. Mengaktifkan syaraf
- b. Melancarkan peredaran darah
- c. Melenturkan otot
- d. Menormalkan tekanan darah
- e. Menyeimbangkan keasaman atau kebasaan darah
- f. Menjaga keseimbangan cairan tubuh
- g. Mencegah osteoporosis (keropos pada tulang)
- h. Mencegah penyakit jantung
- i. Menurunkan resiko kanker usus
- j. Mengatasi kram, sakit pinggang, wasir dan reumatik
- k. Mengatasi keluhan saat haid dan menopause
- l. Meminimalkan penyusutan tulang selama hamil dan menyusui
- m. Membantu mineralisasi gigi dan mencegah pendarahan akar gigi
- n. Mengatasi kaki, tangan kering dan pecah-pecah
- o. Memulihkan gairah seks yang menurun atau melemah serta mengatasi kencing manis atau mengaktifkan pankreas.
- p. Proses eksitasi dan kontraksi otot

3. Sumber kalsium

Sumber kalsium utama adalah susu dan produk susu seperti keju, ikan dimakan dengan tulang termasuk ikan kering adalah sumber kalsium yang baik, kacang-kacangan, tahu, sayuran hijau merupakan sumber kalsium yang baik juga, tetapi bahan sumber makanan ini mengandung banyak zat penghambat penyerapan kalsium seperti serat, sitrat dan oksalat. Susu nonfat adalah sumber kalsium terbaik. Kebutuhan kalsium terpenuhi bila kita makan makanan seimbang setiap hari dan selalu menjaga pola hidup agar tetap sehat serta rajin berolahraga dan tidak mengkonsumsi minuman beralkohol serta merokok (Widura, 2016).

4. Defisiensi kalsium

Kekurangan kalsium pada masa pertumbuhan menyebabkan gangguan pertumbuhan. Pada usia dewasa, terutama diatas 50 tahun akan kehilangan kalsium dan tulangnya. Tulang menjadi rapuh dan mudah patah. Hal ini dinamakan osteoporosis, lebih banyak terjadi pada wanita daripada laki-laki dan lebih banyak pada kulit putih daripada kulit berwarna. Disamping itu osteoporosis lebih banyak terjadi pada perokok dan peminum alkohol. Kekurangan kalsium dapat pula menyebabkan osteomalasia, juga riketsia pada orang dewasa dan biasanya terjadi karena kekurangan vitamin D dan ketidakseimbangan konsumsi kalsium. Kadar kalsium darah yang sangat rendah dapat

menyebabkan tetani atau kejang. Kepekaan serabut saraf dan pusat saraf terhadap rangsangan meningkat, sehingga terjadi kejang otot misalnya pada kaki. Tetani dapat terjadi pada ibu hamil yang makannya sedikit mengandung kalsium dan terlalu tinggi mengandung fosfor. Tetani kadang terjadi pada bayi baru lahir yang diberi minum susu sapi yang tidak diencerkan yang mempunyai rasio kalsium dan fosfor rendah (Sherwood, 2018).

5. Efek kelebihan kalsium

Konsumsi kalsium tidak lebih dari 2.500 mg per hari masih bisa ditoleransi oleh tubuh, dengan cara mengeluarkannya melalui keringat, urin dan feses, maka konsumsi kalsium hendaknya tidak lebih dari 2.500 mg sehari. Kelebihan kalsium dapat menyebabkan gangguan ginjal dan konstipasi (susah buang air). Kelebihan kalsium bisa terjadi bila menggunakan suplemen kalsium.

Kelebihan kalsium dapat mencegah koagulasi (penggumpalan) darah dan juga hambatan pertumbuhan serta gangguan pencernaan pada anak. Kelebihan kalsium dapat berpengaruh terhadap penyerapan besi dan mangan. Gangguan kesehatan yang dapat ditimbulkan akibat kelebihan kalsium adalah pembentukan batu ginjal dan gejala hiperkalsemia (Mochammad Choirur Roziqin, 2018).

6. Metabolisme Kalsium

Tubuh manusia dewasa mengandung sekitar 1200 gram kalsium, dan sedikitnya 99 persen dari jumlah kalsium ini

tertimbun di dalam tulang sementara bagian kalsium yang sangat sedikit tetapi penting sekali berada dalam keadaan terlarut di dalam serum darah serta cairan tubuh. Lebih kurang separuh dari jumlah kalsium di dalam serum berada dalam bentuk terionisasi dan separuh lainnya terikat dalam protein serum. Kalsium dalam bentuk ion inilah yang berdifusi ke dalam cairan interstisial dan memasuki reaksi kimia. Kadar kalsium yang normal dalam serum adalah 2,4 milimol (mM) per liter dan kadar ion kalsium 1,2 mM per liter (Preston and Wilson, 2018).

7. Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar kalsium dalam darah
 - a. Hormon Paratiroid

Fungsi paratiroid (PTH) adalah mempertahankan konsentrasi kalsium cairan ekstraselular (CES). Hormon tersebut bekerja secara langsung pada tulang dan ginjal serta secara tidak langsung pada usus melalui efeknya pada sintesis 1,25 (OH) $2D$ untuk meningkatkan konsentrasi kalsium serum. Kelenjar paratiroid yang tidak mensekresikan PTH dalam jumlah cukup (hipoparatiroidisme) mengakibatkan reabsorpsi osteositik kalsium dan osteoklas menjadi inaktif seluruhnya. Hal ini menyebabkan reabsorpsi kalsium dari tulang menjadi sangat tertekan sehingga kadar kalsium dalam cairan tubuh menurun (Guyton and Hall, 2013).

b. Hormon Kalsitonin

Kalsitonin adalah *peptide hipocalsemic* yang dalam banyak hal bertindak sebagai antagonis fisiologik terhadap paratiroid. Pengaruh kalsitonin terjadi dengan cara merangsang pengendapan kalsium pada tulang. Hal ini terjadi dalam keadaan stress seperti pada masa pertumbuhan dan kehamilan. Kalsitonin bekerja dengan cara menurunkan kalsium darah (Amran, 2018).

c. Hormon Estrogen

Estrogen merupakan hormon yang berperan penting dalam proses pembentukan tulang. Estrogen memiliki efek langsung dan tidak langsung pada tulang. Efek langsung estrogen pada tulang adalah meningkatkan pembentukan tulang oleh osteoklas, sedangkan efek tidak berperan dalam pengaturan keseimbangan kalsium dalam tubuh. Estrogen akan meningkatkan penyerapan kalsium di usus dan menurunkan pengeluaran kalsium dari ginjal sehingga kalsium di dalam darah dapat dipertahankan kadarnya (Damayanthi, 2018).

d. Vitamin D

Salah satu fungsi vitamin D adalah membantu penyerapan kalsium dari usus. Sebagian penderita osteoporosis mempunyai kadar vitamin D yang rendah di tubuhnya sehingga absorpsi kalsium dari usus juga berkurang. Kemampuan mengaktifkan vitamin D melalui kulit akan

berkurang seiring dengan bertambahnya usia dan penurunan estrogen. Kebutuhan vitamin D pada usia dewasa adalah 200-600 μ (Yildirim *et al.*, 2018).

e. Usia

Memasuki usia akhir 30 tulang akan kehilangan kalsium lebih cepat. Semakin bertambah usia, maka kemampuan tubuh menyerap kalsium dari makanan semakin menurun. Usia tua mempengaruhi penurunan kerja, terutama estrogen yang berperan dalam proses penyerapan kalsium (Yildirim *et al.*, 2018).

f. Asupan Kalsium

Kehilangan sebagian kalsium harian melalui eksresi urine, feses, keringat dan paru-paru adalah hal yang normal. Pola makan yang kekurangan kalsium menyebabkan penyerapan kalsium dari saluran pencernaan berkurang, sehingga untuk memenuhi kadar kalsium darah yang tetap, kalsium tulang akan diambil atau diserap dan terjadilah pengeroposan tulang (Preston and Wilson, 2018).

g. Kelainan Ginjal

Ginjal yang sakit (mengalami kelainan) akan gagal menghidroksilasi *25-hidroxycholecalciferol* menjadi *1,25-dehidroxyicholekalsiferol* yang lebih aktif. Hal ini menyebabkan penurunan absorbs kalsium dari usus dan osteomalasia (Hall, 2013).

h. Konsumsi Alkohol

Alkohol yang berlebihan dapat menurunkan kadar estrogen dan juga dapat mengganggu fungsi vitamin D pada tubuh. Penurunan kadar estrogen dan fungsi vitamin D yang terganggu menyebabkan berkurangnya penyerapan kalsium dari makanan di usus halus (Yildirim *et al.*, 2018).

i. Kebiasaan Merokok

Risiko terkena osteoporosis pada perokok dua kali lebih besar dari yang bukan perokok. Hal ini terjadi karena rokok menurunkan kadar estrogen di dalam darah. Zat nikotin yang terkandung dalam rokok dapat menyebabkan penurunan estrogen yang menyebabkan kadar kalsium dalam tubuh menjadi berkurang, sehingga susunan sel-sel tidak kuat dalam menghadapi proses pelapukan, selain itu merokok juga dapat menyebabkan hipertensi, penyakit jantung dan tersumbatnya aliran darah ke seluruh tubuh. Aliran darah yang tersumbat menyebabkan pembentukan tulang sulit terjadi sehingga zat nikotin pada rokok secara langsung maupun tidak langsung dapat menyebabkan osteoporosis (Surya *et al.*, 2018).

j. Konsumsi Kafein

Kafein ditemukan dalam kopi, teh, dan minuman ringan, serta beberapa obat. Kafein dalam dosis tinggi dapat meningkatkan pengeluaran kalsium melalui urine, maka dianjurkan bagi yang sudah berusia lanjut untuk tidak

mengonsumsi minuman yang mengandung kafein lebih dari 3 cangkir sehari.

k. Aktifitas Fisik

Olahraga menyebabkan semua enzim aktif secara teratur, bila hormon dan enzim aktif maka aktifitas dalam tubuh tidak akan terganggu. Aktivitas fisik berpengaruh baik terhadap absorpsi kalsium. Penyerapan kalsium maupun fungsi organ lain seperti organ reproduksi dapat bekerja dengan baik sehingga dengan berolahraga dapat mempertahankan dan meningkatkan massa tulang.

8. Bentuk Senyawa Kalsium Dalam Serum.

- a. Kira-kira 40 % (1 mmol/liter) kalsium berikatan dengan protein serum dan dalam bentuk ini kalsium tidak dapat berdifusi melalui membran kapiler.
- b. Kira-kira 10 % kalsium (0,2 mmol/liter) berdifusi melewati membran kapiler tetapi dalam ikatan dengan bahan-bahan lain yang ada di dalam serum dan cairan interstitial (misalnya sitrat dan fosfat) dan tidak terionisasi.
- c. Sisanya 50% kalsium dalam serum dapat berdifusi melewati membran kapiler dan juga dapat diionisasi. Jadi, serum dan cairan interstitial mempunyai konsentrasi ion kalsium normal kira-kira 1,2 mmol/liter atau 2,4 mEq/liter karena merupakan suatu ion bivalen, suatu kadar yang sebenarnya hanya setengah kadar kalsium total dalam serum. Kalsium yang sudah

terionisasi ini adalah bentuk kalsium yang penting untuk sebagian besar fungsi kalsium dalam tubuh, termasuk efek kalsium terhadap jantung, system saraf, pengaturan eksitasi, kontraksi dan relaksasi otot serta pembentukan tulang (Guyton and Hall, 2013).

9. Peran Ion Kalsium Terhadap Otot

Pada waktu otot berkontraksi kalsium berperan dalam interaksi protein di dalam otot, yaitu aktin dan miosin. Bila kadar kalsium kurang dari normal, otot tidak bisa mengendur sesudah kontraksi. Tubuh akan kaku dan dapat menimbulkan kejang. Perubahan kadar kalsium dalam CES menyebabkan sistim saraf akan menjadi semakin peka (penurunan ion kalsium menyebabkan permeabilitas membran saraf terhadap ion natrium meningkat) (Sherwood, 2018).

a. Otot Lurik

Gerakan otot lurik tentu dibawah komando atau suatu kontrol yang disebut impuls saraf motor. Ca^{2+} mengatur kontraksi otot dengan proses yang ditengahi oleh troponin dan tropomiosin. Ion kalsium diyakini turut berperan serta dalam pengaturan kontraksi otot.

b. Otot Halus (*Smooth Muscles*)

Makhluk hidup vertebrata memiliki dua jenis otot selain otot lurik yaitu otot cardiac (kardiak; berhubungan dengan jantung) dan otot halus. Otot cardiac ternyata juga berlurik-lurik

sehingga mengindikasikan suatu persamaan antara otot cardiac dan otot lurik. Walaupun begitu, otot skeletal (lurik) dan otot cardiac masih memiliki perbedaan antar sesamanya terutama pada metabolismenya.

Otot cardiac harus beroperasi secara kontinu sepanjang usia hidup dan lebih banyak tergantung pada metabolisme secara aerobik. Otot cardiac juga secara spontan dirangsang oleh otot jantung itu sendiri dibanding oleh rangsangan saraf eksternal (rangsangan volunter) (Guyton and Hall, 2013).

Kontraksi Otot Halus dipicu oleh Ca^{2+} .

Filamen-filamen tipis otot halus memang mengandung aktin dan tropomiosin namun tak seberapa mengandung troponin. Kontraksi otot halus tetap dipicu oleh Ca^{2+} karena miosin rantai ringan kinase (myosin light chain kinase / MLCK) secara enzimatik akan menjadi aktif hanya jika Ca^{2+} -kalmodulin hadir. MLCK merupakan sebuah enzim yang memfosforilasi rantai ringan miosin sehingga menstimulasi terjadinya kontraksi otot halus. Konsentrasi intraselular $[Ca^{2+}]$ bergantung pada permeabilitas membran Serum sel otot halus terhadap Ca^{2+} . Permeabilitas otot halus tersebut dipengaruhi oleh sistem saraf involunter atau autonomik. Saat $[Ca^{2+}]$ meningkat, kontraksi otot halus dimulai. Saat $[Ca^{2+}]$ menurun akibat pengaruh Ca^{2+} -ATPase dari membran serum, MLCK kemudian dideaktivasi. Lalu, rantai ringan terdefosforilasi oleh

miosin rantai ringan phosphatase dan otot halus kembali rileks (Guyton and Hall, 2013).

10. Kontraksi Otot Bagi Mahluk Hidup

Sangat penting karena sebagai salah satu bentuk respon dalam menerima rangsangan yang ada/diberikan oleh lingkungan. Otot merupakan alat gerak aktif karena kemampuan berkontraksi. Otot memendek jika sedang berkontraksi dan memanjang jika berelaksasi (Preston and Wilson, 2018).

Kontraksi otot terjadi jika otot sedang melakukan kegiatan, sedangkan relaksasi otot terjadi jika otot sedang beristirahat. Dengan demikian otot memiliki 3 karakter, yaitu:

- a. Kontraksibilitas yaitu kemampuan otot untuk memendek dan lebih pendek dari ukuran semula, hal ini terjadi jika otot sedang melakukan kegiatan.
- b. Ektensibilitas, yaitu kemampuan otot untuk memanjang dan lebih panjang dari ukuran semula.
- c. Elastisitas, yaitu kemampuan otot untuk kembali pada ukuran semula.

Ca^{2+} dalam CES berperan dalam aktivitas esensial, termasuk yang berikut:

a. Eksitabilitas Neuromuskular

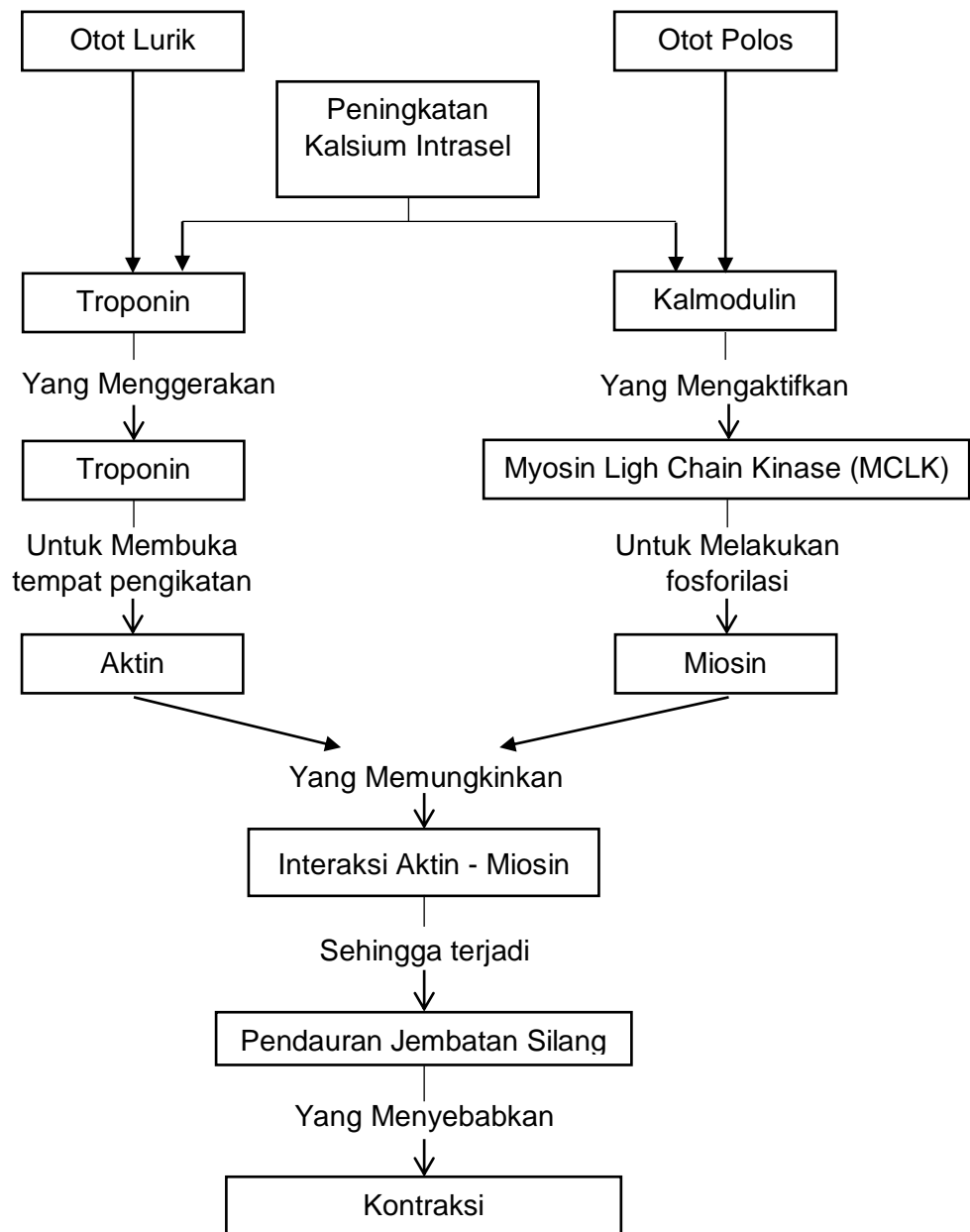
Penurunan Kalsium (Ca^{2+}) menyebabkan saraf dan otot jadi sangat mudah terangsang; sebaliknya, peningkatan Ca^{2+} akan menekan eksitabilitas neuromuscular. Efek-efek ini terjadi

karena pengaruh Ca^{2+} pada permeabilitas membrane terhadap Na^{+} . Penurunan Ca^{2+} bebas meningkatkan permeabilitas Na^{+} yang menyebabkan influks Na^{+} dan bergesernya potensial istirahat mendekati ambang. Akibatnya, pada hypokalsemia (Ca^{2+} darah yang rendah), jaringan peka rangsang dapat dibawa ke ambang oleh rangsangan fisiologis yang normalnya tidak efektif sehingga otot rangka melepaskan muatan dan berkontraksi (mengalami Spasme) “secara spontan” (tanpa rangsangan normal). Jika cukup parah, kontraksi spastik otot pernafasan menyebabkan kematian akibat asfiksia. Hiperkalsemia (peningkatan Ca^{2+} darah) juga mengancam nyawa karena menyebabkan Aritmia Jantung dan penurunan umum eksitabilitas neuromuscular (Preston and Wilson, 2018).

- b. Penggabungan eksitasi-kontraksi di otot Jantung dan otot polos.

Masuknya Ca^{2+} CES ke dalam sel otot jantung dan otot polos akibat peningkatan permeabilitas Ca^{2+} sebagai respon terhadap suatu potensial aksi, memicu mekanisme kontraksi. Kalsium dibutuhkan untuk penggabungan eksitasi-kontraksi di serat otot rangka, tetapi dalam hal ini Ca^{2+} dibebaskan dari simpanan Ca^{2+} intrasel sebagai respon terhadap potensial aksi. Sebagian besar dari peningkatan Ca^{2+} di sitosol sel otot jantung ini juga berasal dari simpanan internal (Preston and Wilson, 2018).

Peningkatan Ca^{2+} sitosol di dalam sel otot menyebabkan kontraksi, sementara peningkatan Ca^{2+} bebas dalam CES menurunkan eksitabilitas neuromuscular serta mengurangi kemungkinan kontraksi.



(Preston and Wilson, 2018)

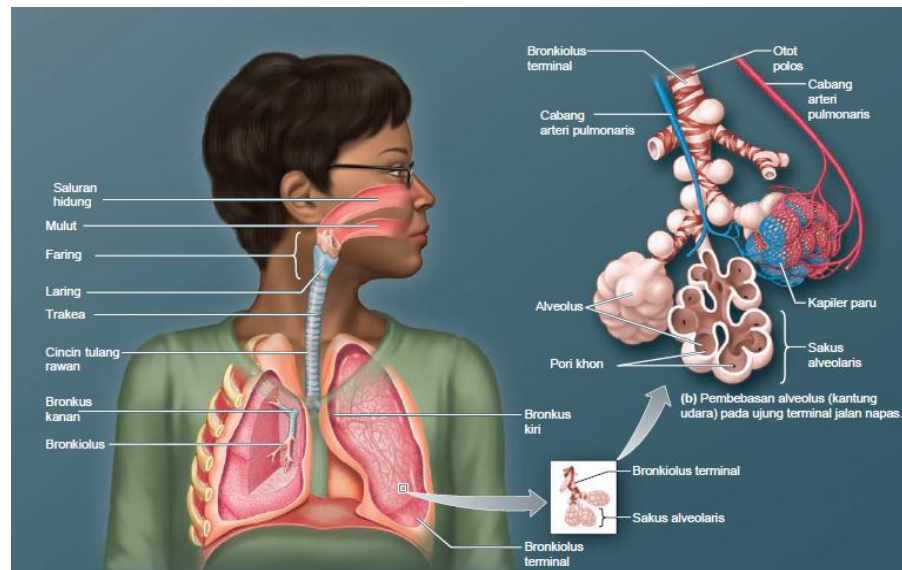
Konsentrasi kalsium dalam serum rata-rata mendekati 9,4 mg/dl, normalnya bervariasi antara 9 dan 10 mg/dl. Kadar ini kira-kira setara dengan 2,4 mmol kalsium per liter. Kadar kalsium serum diatur oleh Hormon Paratiroid (Sherwood, 2018).

B. Konsep Faal Paru

1. Anatomi Paru

Paru-paru terletak pada rongga dada, berbentuk kerucut yang ujungnya berada di atas tulang iga pertama dan dasarnya berada pada diafragma. Paru terbagi menjadi dua yaitu, paru kanan dan paru kiri. Paru-paru kanan mempunyai tiga lobus sedangkan paru-paru kiri mempunyai dua lobus. Kelima lobus tersebut dapat terlihat dengan jelas. Setiap paru-paru terbagi lagi menjadi beberapa subbagian menjadi sekitar sepuluh unit terkecil yang disebut bronchopulmonary segments. Paru-paru kanan dan kiri dipisahkan oleh ruang yang disebut mediastinum (Sherwood, 2018).

Paru-paru dibungkus oleh selaput tipis yaitu pleura. Pleura terbagi menjadi pleura viseralis dan pleura parietal. Pleura viseralis yaitu selaput yang langsung membungkus paru, sedangkan pleura parietal yaitu selaput yang menempel pada rongga dada. Diantara kedua pleura terdapat rongga yang disebut kavum pleura (Guyton and Hall, 2013).



Gambar 2.1 : Anatomi Sistem Pernapasan(Guyton and Hall, 2013)

Paru manusia terbentuk setelah embrio mempunyai panjang 3 mm. Pembentukan paru di mulai dari sebuah groove yang berasal dari foregut. Pada groove terbentuk dua kantung yang dilapisi oleh suatu jaringan yang disebut *Primary Lung Bud*. Bagian proksimal foregut membagi diri menjadi 2 yaitu esophagus dan trakea. Pada perkembangan selanjutnya trakea akan bergabung dengan *primary lung bud* (Preston and Wilson, 2018).

Alveoli bertambah besar sesuai dengan perkembangan dinding toraks. Jadi, pertumbuhan dan perkembangan paru berjalan terus menerus tanpa terputus sampai pertumbuhan somatic berhenti (Evelyn, 2016).

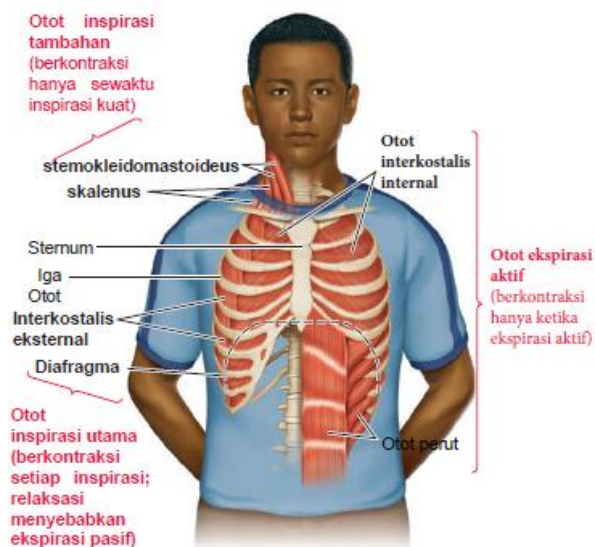
Sistem pernafasan dapat dibagi ke dalam sitem pernafasan bagian atas dan pernafasan bagian bawah (Hall, 2013):

- a. Pernafasan bagian atas meliputi, hidung, rongga hidung, sinus paranasal, dan faring.

b. Pernafasan bagian bawah meliputi, laring, trakea, bronkus, bronkiolus dan alveolus paru.

Pergerakan dari dalam ke luar paru terdiri dari dua proses, yaitu inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi adalah pergerakan dari atmosfer ke dalam paru, sedangkan ekspirasi adalah pergerakan dari dalam paru ke atmosfer. Agar proses ventilasi dapat berjalan lancar dibutuhkan fungsi yang baik pada otot pernafasan dan elastisitas jaringan paru. Otot-otot pernafasan dibagi menjadi dua yaitu (Alsagaff and Abdul, 2015):

- a. Otot inspirasi yang terdiri atas, otot interkostalis eksterna, sternokleidomastoideus, skalenus dan diafragma.
- b. Otot-otot ekspirasi adalah rektus abdominis dan interkostalis internus.



Gambar 2.2 : Anatomi Otot Pernafasan (Guyton and Hall, 2013)

2. Respirasi Eksternal

Merujuk keseluruhan rangkaian kejadian dalam pertukaran O_2 dan CO_2 antara lingkungan eksternal dan sel tubuh. Respirasi eksternal mencakup 4 langkah yakni:

Langkah I : Udara secara bergantian dimasukkan kedalam dan di keluarkan dari paru sehingga udara dapat di pertukarkan antara atmosfer (lingkungan eksternal) dan kantong udara (alveolus) paru. Pertukaran ini dilaksanakan oleh tindakan mekanis bernapas, atau ventilasi. Kecepatan ventilasi diatur untuk menyesuaikan aliran udara antara atmosfer dan alveolus sesuai dengan kebutuhan metabolik tubuh terhadap ambilan O_2 dan pengeluaran CO_2 .

Langkah II : O_2 dan CO_2 , di pertukarkan antara udara di alveolus dan darah di dalam kapiler pulmonal melalui proses difusi.

Langkah III : Darah mengangkut O_2 dan CO_2 antara paru dan jaringan.

Langkah IV : O_2 dan CO_2 di pertukarkan antara sel jaringan dan darah melalui proses difusi menembus kapiler sistemik (jaringan).

3. Fisiologi Paru

Paru-paru dan dinding dada adalah struktur yang elastis. Dalam keadaan normal terdapat lapisan cairan tipis antara paru-

paru dan dinding dada sehingga paru-paru dengan mudah bergeser pada dinding dada. Tekanan pada ruangan antara paru-paru dan dinding dada berada di bawah tekanan atmosfer (Guyton and Hall, 2013).

Fungsi utama paru-paru yaitu untuk pertukaran gas antara darah dan atmosfer. Pertukaran gas tersebut bertujuan untuk menyediakan oksigen bagi jaringan dan mengeluarkan karbon dioksida. Kebutuhan oksigen dan karbon dioksida terus berubah sesuai dengan tingkat aktivitas dan metabolisme seseorang, tapi pernafasan harus tetap dapat memelihara kandungan oksigen dan karbon dioksida tersebut (West, 2014).

Udara masuk ke paru-paru melalui sistem berupa pipa yang menyempit (bronchi dan bronkiolus) yang bercabang di kedua belah paru-paru utama (trachea). Pipa tersebut berakhir di gelembung-gelembung paru-paru (alveoli) yang merupakan kantong udara terakhir dimana oksigen dan karbondioksida dipindahkan dari tempat dimana darah mengalir. Ada lebih dari 300 juta alveoli di dalam paru-paru manusia bersifat elastis. Ruang udara tersebut dipelihara dalam keadaan terbuka oleh bahan kimia surfaktan yang dapat menetralkan kecenderungan alveoli untuk mengempis (Preston and Wilson, 2018).

Untuk melaksanakan fungsi tersebut, pernafasan dapat dibagi menjadi empat mekanisme dasar, yaitu (Guyton and Hall, 2013):

- a. Ventilasi paru, yang berarti masuk dan keluarnya udara antara alveoli dan atmosfer
- b. Difusi dari oksigen dan karbon dioksida antara alveoli dan darah
- c. Transport dari oksigen dan karbon dioksida dalam darah dan cairan tubuh ke dan dari sel
- d. Pengaturan ventilasi

Proses jalannya udara melalui beberapa item yang ada yaitu sebagai berikut:

- a. Cavum Nasi/ Rongga hidung

Disini udara pernapasan biasanya melalui rongga hidung dan di dalam rongga hidung terdapat suatu sekat (septum nasi) dan konkanalis yang terdiri dari tiga bagian: superior, media dan inferior yang dilapisi oleh jaringan yang banyak mengandung pembuluh darah kapiler. Bagian luar banyak ditumbuhi bulu (silia). Silia ini berfungsi sebagai filter dan koncha berfungsi agar udara yang masuk kedalam paru-paru memiliki suhu yang sama dengan suhu di dalam paru-paru, selain itu menghasilkan lendir yang berfungsi untuk menangkap debu-debu yang masuk bersama udara pernapasan.

b. Pharynx

Sebenarnya udara maupun makanan melewati daerah ini dan secara bergantian jalan ini dilewati. Kalau kita sedang memakan makanan, maka kita tidak dapat bernafas karena tenggorokan tertutup oleh epiglottis. Sesudah makanan masuk maka kita baru dapat bernafas kembali seperti sediakala karena epiglottis terbuka.

c. Larynx

Merupakan saluran masuk ke trachea dan mempunyai dinding serta tulang rawan/cartilago. Dindingnya merupakan mesothelium dan dilapisi oleh jaringan otot polos. Sebelumnya epiglottis ini akan menutup larynx ketika sedang menelan makanan atau minuman.

d. Trachea sampai alveolus

Dinding trachea memiliki cartilage dan diantaranya terdapat otot polos. Dindingnya mengandung tunika mukosa yang menghasilkan kelenjar dan mempunyai silia (rambut getar). Kelenjar ini disebut mucus dan rambut getar berguna untuk mendorong debu atau partikel kecil lainnya keluar. Sesudah itu trachea akan bercabang dua: kanan dan kiri dan pada bagian kiri akan bercabang dua dan sebelah kanan bercabang tiga yang masing-masing kita sebut bronchus. Didalam bronchus ini masih ada cartilago dan tunika mukosa yang mengandung mucus dan cilia serta otot polos. Setelah itu udara masuk kedalam cabang-

cabang bronchus yang disebut bronchiolus. Bronchiolus respiratoris bercabang-cabang yang disebut ductus alveolaris. Setelah menjadi ductus alveolaris akan menjadi succulus alveolaris dan terakhir adalah alveolus itu sendiri. Alveolus merupakan gelembung-gelembung kecil seperti balon kecil dan berdinding sangat tipis serta bagian luar dikelilingi oleh kapiler-kapiler darah. Disinilah sebenarnya terjadi proses pertukaran gas.

Selain itu ada perlengkapan lain yang penting dalam pernapasan yaitu sekat rongga dada/ diafragma beserta tulang iga dan otot pernapasan. Ada dua gerakan napas secara diafragma, dimana sekat rongga dada turun sehingga rongga dada akan bertambah besar. Akibat pembesaran rongga dada maka tekanan dalam rongga dada relatif akan turun, sehingga udara tekanannya relatif besar akan masuk kedalam paru-paru melalui jalan napas.

4. Faktor-faktor Yang Dapat Mempengaruhi Fungsi Paru

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fungsi paru yaitu sebagai berikut (Guyton and Hall, 2013):

a. Usia

Kekuatan otot maksimal pada usia 20-40 tahun dan dapat berkurang sebanyak 20% setelah usia 40 tahun. Selama proses penuaan terjadi penurunan elastisitas alveoli, penebalan kelenjar bronkial, penurunan kapasitas paru.

b. Jenis Kelamin

Fungsi ventilasi pada laki-laki lebih tinggi 20-25% dari pada wanita, karena ukuran anatomi paru laki-laki lebih besar dibandingkan wanita. Selain itu, aktivitas laki-laki lebih tinggi sehingga recoil dan compliance paru sudah terlatih.

c. Tinggi Badan dan Berat Badan

Seorang yang memiliki tubuh tinggi dan besar, fungsi ventilasi parunya lebih tinggi daripada orang yang bertubuh kecil pendek.

5. Volume Paru

Menurut (Hall, 2013), volume paru terbagi menjadi 4 bagian, yaitu sebagai berikut:

- a. Volume tidal adalah volume udara yang diinspirasi atau diekspirasi pada setiap kali pernafasan normal. Besarnya ± 500 ml pada rata-rata orang dewasa.
- b. Volume cadangan inspirasi adalah volume udara ekstra yang diinspirasi setelah volume tidal, dan biasanya mencapai ± 3000 ml.
- c. Volume cadangan eskpirasi adalah jumlah udara yang masih dapat dikeluarkan dengan ekspirasi maksimum pada akhir ekspirasi normal, pada keadaan normal besarnya ± 1100 ml.
- d. Volume residu, yaitu volume udara yang masih tetap berada dalam paru-paru setelah ekspirasi kuat. Besarnya ± 1200 ml.

6. Kapasitas Paru

Kapasitas paru merupakan gabungan dari beberapa volume paru dan dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- a. Kapasitas inspirasi, sama dengan volume tidal + volume cadangan inspirasi. Besarnya ± 3500 ml dan merupakan jumlah udara yang dapat dihirup seseorang mulai pada tingkat ekspirasi normal dan mengembangkan paru sampai jumlah maksimum.
- b. Kapasitas residu fungsional, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume residu. Besarnya ± 2300 ml, dan merupakan besarnya udara yang tersisa dalam paru pada akhir ekspirasi normal.
- c. Kapasitas vital, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume tidal.
- d. Cadangan ekspirasi. Besarnya ± 4600 ml dan merupakan jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimal dan kemudian mengeluarkannya sebanyak-banyaknya.
- e. Kapasitas vital paksa (KVP) atau *Forced Vital Capacity* (FVC) adalah volume total dari udara yg dihembuskan dari paru-paru setelah inspirasi maksimum yang diikuti oleh ekspirasi paksa minimum. Hasil ini didapat setelah seseorang menginspirasi dengan usaha maksimal dan mengekspirasi secara kuat dan cepat (Ganong, 2015).

- f. Volume ekspirasi paksa satu detik (VEP1) atau *Forced Expiratory Volume in One Second* (FEV1) adalah volume udara yang dapat dikeluarkan dengan ekspirasi maksimum per satuan detik. Hasil ini didapat setelah seseorang terlebih dahulu melakukan pernafasan dalam dan inspirasi maksimal yang kemudian diekspirasikan secara paksa sekuat-kuatnya dan semaksimal mungkin, dengan cara ini kapasitas vital seseorang tersebut dapat dihembuskan dalam satu detik.
- g. Kapasitas paru total, sama dengan kapasitas vital + volume residu. Besarnya ± 5800 ml, adalah volume maksimal dimana paru dikembangkan sebesar mungkin dengan inspirasi paksa. Volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita $\pm 20 - 25\%$ lebih kecil daripada pria, dan lebih besar pada atlet dan orang yang bertubuh besar daripada orang yang bertubuh kecil (Hall, 2013).

7. Makna Dari Volume dan Kapasitas Paru

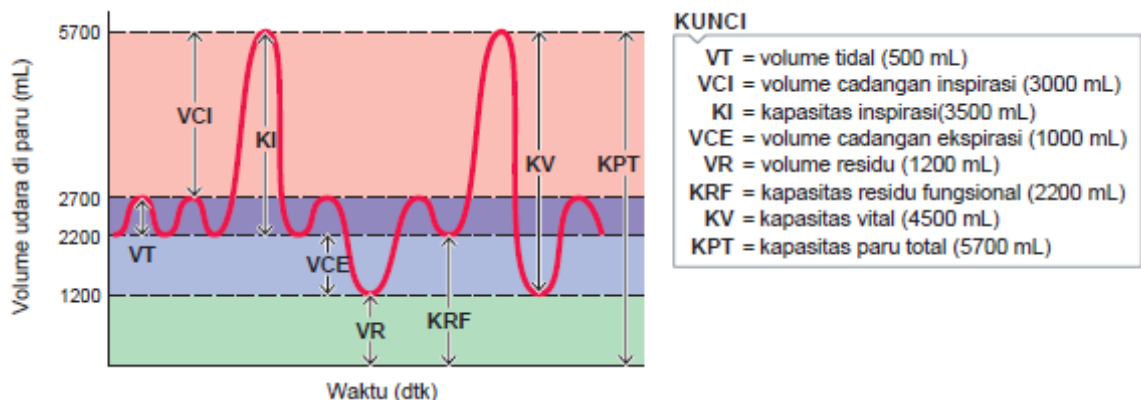
Faktor utama yang mempengaruhi kapasitas vital adalah bentuk anatomi tubuh, posisi selama pengukuran kapasitas vital, kekuatan otot pernafasan dan pengembangan paru dan rangka dada.

Volume udara normal dalam paru bergantung pada bentuk dan ukuran tubuh. Posisi tubuh juga mempengaruhi volume dan kapasitas paru, biasanya menurun bila berbaring, dan meningkat bila berdiri. Perubahan pada posisi ini disebabkan oleh dua faktor, yaitu kecenderungan isi abdomen menekan ke atas melawan

diafragma pada posisi berbaring dan peningkatan volume darah paru pada posisi berbaring, yang berhubungan dengan pengecilan ruang yang tersedia untuk udara dalam paru (Hall, 2013)

Berdasarkan nilai-nilai diatas fungsi paru dapat digolongkan menjadi dua yaitu gangguan fungsi paru obstruktif (hambatan aliran udara) dan restriktif (hambatan pengembangan paru).

Seseorang dianggap mempunyai gangguan fungsi paru obstruktif bila nilai VEP1/KVP kurang dari 70% dan menderita gangguan fungsi paru restriktif bila nilai kapasitas vital kurang dari 80% dibanding dengan nilai standar (Alsagaff and Abdul, 2015).



Gambar 2.3 : Variasi Normal Volume paru dalam spiogram (Sherwood, 2018)

8. Uji Fungsi Paru

Faal/fungsi paru berarti kerja atau fungsi paru dan uji faal paru merupakan pengukuran obyektif apakah fungsi paru seseorang dalam keadaan normal atau abnormal. Pemeriksaan faal paru biasanya dikerjakan berdasarkan indikasi atau keperluan tertentu. Secara lengkap, uji faal paru dilakukan dengan menilai fungsi ventilasi, difusi gas, perfusi darah paru dan transpor gas O₂ dan

CO₂ dalam peredaran darah. Untuk keperluan praktis dan uji skrining, biasanya penilaian faal paru seseorang cukup dengan melakukan uji fungsi ventilasi paru. Apakah fungsi ventilasi nilainya baik, dapat mewakili keseluruhan fungsi paru dan biasanya fungsi-fungsi paru lainnya juga baik. Penilaian fungsi ventilasi berkaitan erat dengan penilaian mekanika pernapasan. Untuk menilai fungsi ventilasi digunakan alat spirometer untuk mencatat grafik pernapasan berdasarkan jumlah dan kecepatan udara yang keluar atau masuk ke dalam spirometer.

Fungsi paru dapat diukur dengan menggunakan spirometri. Spirometri adalah suatu teknik pemeriksaan untuk mengetahui fungsi/faal paru, di mana pasien diminta untuk meniup sekuat-kuatnya melalui suatu alat yang dihubungkan dengan mesin spirometer yang secara otomatis akan menghitung kekuatan, kecepatan dan volume udara yang dikeluarkan, sehingga dengan demikian dapat diketahui kondisi faal paru seseorang (Sherwood, 2018)

Spirometri merupakan suatu metode sederhana yang dapat mengukur sebagian besar volume dan kapasitas paru. Spirometri merekam secara grafis atau digital, volume ekspirasi paksa (*forced expiratory volume in 1 second/FEV1*) dan kapasitas vital paksa (*forced vital capacity/FVC*). Pemeriksaan dengan spirometer ini penting untuk pengkajian fungsi ventilasi paru secara mendalam.

Terdapat dua Jenis gangguan fungsi paru yaitu sebagai berikut :

- a. Gangguan fungsi obstruktif (hambatan aliran udara) : bilai nilai rasio FEV1/FVC <70%
- b. Gangguan fungsi restriktif (hambatan pengembangan paru) : bila nilai kapasitas vital (*vital capacity/VC*) <80% dibanding dengan nilai standar.

INDIKASI

1. Diagnostik

- a. Evaluasi keluhan dan gejala (deformitas rongga dada, sianosis, penurunan suara napas, perlambatan udara ekspirasi, overinflasi, ronki yang tidak dapat dijelaskan)
- b. Evaluasi hasil laboratorium abnormal (foto toraks abnormal, hiperkapnia, hipoksemia, polisitemia)
- c. Menilai pengaruh penyakit sistemik terhadap fungsi paru
- d. Deteksi dini seseorang yang memiliki risiko menderita penyakit paru (perokok, usia >40 tahun, pekerja yang terpajan substansi tertentu)
- e. Pemeriksaan rutin (risiko pra-operasi, menilai prognosis, menilai status kesehatan)

2. Monitoring

- a. Menilai efek terapi (terapi bronkodilator, steroid)

- b. Menggambarkan perjalanan penyakit (penyakit paru, *interstisial lung disease/ILD*), gagal jantung kronik, penyakit neuromuskuler, sindrom Guillain-Barre)
 - c. Menilai efek samping obat terhadap fungsi paru
3. Kesehatan masyarakat
- Skrining fungsi paru pada populasi tertentu

Kontra Indikasi

- 1. Absolut : Tidak ada
- 2. Relatif : Batuk darah, pneumotoraks, status kardiovaskuler tidak stabil, infark miokard baru atau emboli paru, aneurisma serebri, pasca bedah mata.

Interpretasi Hasil

- 1. Faal Paru Normal:
 - a. VC dan FVC >80% dari nilai prediksi
 - b. FEV1 >80% dari nilai prediksi
 - c. Rasio FEV1/FVC >70%
- 2. Gangguan Faal Paru Restriksi:
 - a. VC atau FVC <80% dari nilai prediksi
 - b. Restriksi ringan jika VC atau FVC 60% - 80%
 - c. Restriksi sedang jika VC atau FVC 30% - 59%
 - d. Restriksi berat jika VC atau FVC <30%
- 3. Gangguan Faal Paru Obstruksi:
 - a. FEV1 <80% dari nilai prediksi
 - b. Rasio FEV1/FVC <70%

- c. Obstruksi ringan jika rasio FEV1/FVC 60% - 80%
- d. Obstruksi sedang jika rasio FEV1/FVC 30% - 59%
- e. Obstruksi berat jika rasio FEV1/FVC <30%

(Dr. dr. Irawaty Djaharuddin and Dr. dr. Nur Ahmad Tabri, SpPD, K-P, 2017)

C. Konsep Remaja

1. Definisi

Menurut WHO (*Who Health Organization*) definisi remaja dikemukakan melalui tiga kriteria, yaitu biologis, psikologis, dan sosial-ekonomi. Sehingga dapat dijabarkan bahwa remaja adalah suatu masa dimana individu berkembang dari saat pertama kali menunjukkan tanda-tanda seksual sekundernya sampai saat ia mencapai kematangan sosial. Individu yang mengalami perkembangan psikologis dan pola identifikasi dari anak-anak menjadi dewasa. Serta individu yang mengalami peralihan dari ketergantungan menjadi keadaan yang relatif lebih mandiri (Sarwono and W, 2013).

Remaja dapat didefinisikan melalui beberapa sudut pandang yaitu remaja merupakan individu yang berusia 11-12 tahun sampai 20-21 tahun. Remaja merupakan individu yang mengalami perubahan pada penampilan fisik, maupun perubahan psikologis. Remaja merupakan masa yang penting dalam perjalanan kehidupan manusia. Masa remaja ini merupakan

jembatan antara masa kanak-kanak yang bebas menuju masa dewasa yang menuntut tanggung jawab (Kusmiran, 2011).

Berdasarkan pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa remaja yaitu individu yang berusia 11-12 tahun sampai 20-21 tahun. Dimana remaja merupakan masa transisi dari masa anak-anak ke masa dewasa. Masa dimana individu tersebut mengalami perubahan-perubahan secara fisik, maupun psikologis, serta masa dimana individu tersebut dituntut untuk bertanggung jawab.

2. Perkembangan Remaja

Masa remaja merupakan masa transisi dari anak-anak ke dewasa, banyak perubahan-perubahan yang terjadi pada remaja tersebut. Perubahan yang terjadi yaitu perubahan secara fisik yang merupakan gejala primer dari pertumbuhan remaja. Sedangkan perubahan psikologis muncul akibat dari perubahan-perubahan fisik remaja tersebut (Sarwono and W, 2013).

Perubahan biologis adalah percepatan pertumbuhan, perubahan hormonal, dan kematangan seksual yang datang dengan pubertas (Santrock and John, 2011).

Perubahan fisik yang sangat berpengaruh besar terhadap perkembangan jiwa remaja adalah pertumbuhan tinggi badan yang semakin tinggi, berfungsinya alat-alat reproduksi (ditandai dengan haid pada wanita dan mimpi basah pada laki-laki), dan tanda-tanda seksual sekunder yang tumbuh. Perubahan fisik tersebut dapat menyebabkan kecanggungan bagi remaja karena ia

harus menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan yang terjadi pada dirinya, sehingga dapat berpengaruh pada perubahan psikologi remaja tersebut (Sarwono and W, 2013).

Perkembangan atau perubahan kognitif yang terjadi selama masa transisi dari masa kanak-kanak ke masa remaja adalah peningkatan dalam berpikir abstrak, idealis, dan logis. Ketika mereka melakukan transisi tersebut, remaja mulai berpikir secara lebih egosentris, sering merasa bahwa mereka berada di panggung, unik, dan tidak terkalahkan. Dalam menanggapi perubahan tersebut, orang tua memberikan lebih banyak tanggung jawab untuk pengambilan keputusan yang dilakukan oleh para remaja (Santrock and John, 2011).

3. Pertumbuhan Fisik

- a. Pacu tumbuh yang pesat, yaitu penambahan tinggi dan berat badan yang cepat. Pertumbuhan remaja laki-laki berbeda dengan remaja perempuan. Anak perempuan mengalami pacu tumbuh 2 tahun lebih awal daripada laki-laki.
- b. Perkembangan seks sekunder dan karakteristik.

Selama pubertas terjadi perubahan kadar hormonal yang berperan dalam perkembangan seks sekunder, termasuk pertumbuhan rambut pubik, ketiak dan *menarche* (haid pertama) pada remaja perempuan atau pertumbuhan penis pada remaja laki-laki, perubahan suara pada remaja laki-laki, peningkatan produksi kelenjar minyak dan keringat dan pembentukan jerawat.

Pada anak perempuan, tanda pubertas pertama adalah pertumbuhan payudara, berupa penonjolan puting disertai pembesaran daerah areola dan terjadi pada umur sekitar 8-12 tahun. Haid pertama (*menarche*) terjadi pada stadium lanjut pubertas dan sangat bervariasi antar individu dan rata-rata terjadi pada umur 10,5-15,5 tahun dan kecepatan pertumbuhan tinggi badan mulai menurun (Hartini, 2017).

4. Kebutuhan Kalsium Pada Remaja

Kalsium merupakan salah satu mineral yang sangat penting dan diperlukan untuk membantu pertumbuhan tulang. Tidak hanya untuk tulang, kalsium juga mempunyai peran penting dalam pembekuan darah, kontraksi otot, fungsi saraf, dan juga untuk melepas hormon. Sel membutuhkan kalsium untuk mengaktifkan enzim tertentu, transportasi ion melintasi membran sel, dan mengirim dan menerima pesan antar sel saraf. Kalsium juga sebagai elektrolit yang berperan dalam menjaga detak jantung teratur. Jika seseorang tidak mendapatkan kalsium yang cukup dari makanan yang dimakannya, tubuh akan mengambil kalsium dalam tulang untuk menjaga fungsi sel agar tetap normal, dimana akan menyebabkan kelemahan pada tulang.

Kebutuhan kalsium remaja tergolong yang paling tinggi selama kehidupan, yaitu mencapai 1200 mg/hari (berdasarkan Angka Kecukupan Gizi, 2013). Bahkan beberapa negara ada yang merekomendasikan untuk mengonsumsi kalsium 1300 mg/hari.

Rekomendasi ini ditujukan untuk anak berusia 10-18 tahun, di mana sedang terjadi pertumbuhan yang cepat (Veratamala, 2019).

D. Kerangka Teori

