

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Materi Pustaka

1. Persen Lemak Tubuh

Massa tubuh manusia secara sederhana dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu massa lemak (massa dari jaringan lemak) dan massa bebas lemak (massa dari jaringan selain lemak). Massa bebas lemak terdiri dari tulang, otot, air ekstraseluler, jaringan saraf dan organ-organ lain yang secara konseptual aktif dalam proses metabolisme (Wijayanti *et al.*, 2018).

Massa lemak dalam tubuh terdistribusi menjadi lemak subkutan dan lemak viseral. Lemak subkutan adalah lemak yang terletak secara superfisial berada di bawah lapisan kulit yang sekitarnya terdapat pembuluh darah dan saraf sehingga karena letaknya, lemak ini dapat dicubit (Sherwood, 2014). Lemak subkutan berfungsi untuk melindungi kulit terhadap trauma dan menyimpan energi yang ukurannya berbanding lurus dengan kadar leptin plasma sehingga dapat dikatakan bahwa orang obesitas yang memiliki simpanan lemak besar, juga semakin banyak leptin yang dibebaskan ke dalam darah (Wijayanti *et al.*, 2018).

Lemak viseral merupakan lemak yang terletak lebih dalam yaitu di area rongga intraperitoneal yang mengelilingi organ abdominal dan membungkus organ tubuh manusia seperti jantung, hati, ginjal, lambung dan usus (Wijayanti *et al.*, 2018). Lemak ini menimbun di dalam organ dalam bentuk trigliserida yang jika terjadi kelebihan lemak viseral dapat

bermanifestasi terhadap penyakit jantung, diabetes tipe 2, dan penyakit obesitas lainnya akibat terjadi proses peradangan kronik (Sherwood, 2014).

Persen lemak tubuh merupakan massa lemak relatif terhadap massa tubuh total seseorang. Pengukuran persen lemak tubuh dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan mengukur tebal lipatan kulit atau *skinfold thickness*, impedansi bioelektrik atau *bioelectrical impedance analysis* (BIA), dan pengukuran berat badan tubuh dalam air (Guyton dan Hall, 2014).

Skinfold thickness dan BIA merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengukur persentase lemak tubuh. *Skinfold thickness* adalah pengukuran yang baik untuk mengukur lemak tubuh total di bawah kulit atau lemak subkutan dan diukur pada area spesifik sesuai standar yaitu di dada, perut, dan paha (Depkes RI, 2005). Selain alasan tersebut, *skinfold* ini cukup akurat, murah dan mudah untuk digunakan karena hanya membutuhkan alat *caliper* saja. Namun, keakuratan dan ketelitian pada metode ini tergantung pada keterampilan teknik pemeriksa, tipe alat dan sampel pemeriksa yang kooperatif (Wijayanti *et al.*, 2018).

Bioelectrical impedance analysis (BIA) merupakan metode pengukuran komposisi tubuh dengan mengukur hambatan arus listrik lemah (800 ; 50KHz). Massa lemak merupakan konduktor yang buruk, sedangkan massa bebas lemak (air dan elektrolit) merupakan konduktor yang baik sehingga jika semakin besar jaringan lemak tubuh, maka

semakin tinggi pula resistensi terhadap arus listrik yang dihasilkan (Wijayanti *et al.*, 2018). Metode ini memiliki kelebihan yaitu aman, mudah, tidak invasif, cepat, akurat, murah, dan tidak mengganggu privasi dibandingkan dengan *skinfold thickness* (Rutherford *et al.*, 2010).

Menurut penelitian Lukaski (1990) dan Hetzler *et al.* (2006), metode BIA memiliki keakuratan yang lebih baik dan nilai presisi yang lebih tinggi dibandingkan metode *skinfold* untuk mengukur massa lemak tubuh total atau adipositas jaringan tubuh. Dalam pengukuran metode BIA, beberapa faktor baik dari individu maupun lingkungan harus diperhatikan agar mendapatkan hasil pengukuran yang adekuat yaitu faktor pengukuran tinggi badan dan berat badan yang akurat, abduksi anggota badan, aktivitas, dan posisi saat diperiksa (Wijayanti *et al.*, 2018). Menurut Guyton dan Hall (2014), dalam pengukuran persen lemak dapat menggambarkan kondisi obesitas jika persen lemak tubuh melebihi 25% pada pria dan melebihi 35% pada wanita. Devi *et al.* (2018) menyebutkan bahwa interpretasi hasil pengukuran persen lemak tubuh menggunakan timbangan BIA dengan merek Omron HBF-212 yang digunakan dalam penelitian ini menurut anjuran Lohman (1986) dan Nagamine (1972) sebagai berikut (Tabel 2.1) :

Tabel 2.1 Interpretasi Persentase Lemak Tubuh Total BIA Merek Omron HBF-212

Klasifikasi	Laki-laki	Perempuan
Rendah	5 – 9,9	5 – 19,9
Normal	10 – 19,9	20 – 29,9
Tinggi	20 – 24,9	30 – 34,9
Sangat Tinggi	≥ 25	≥ 35

Sumber : Lohman (1986) dan Nagamine (1972)

2. Obesitas

a. Definisi dan Klasifikasi

Obesitas didefinisikan sebagai kelebihan kandungan lemak di jaringan adiposa akibat dalam kurun waktu tertentu terjadi keadaan pemasukan kilokalori makanan lebih banyak daripada penggunaan kilokalori. Ketidakseimbangan tersebut menimbulkan keadaan kelebihan kilokalori yang disimpan sebagai trigliserida di sel adiposa (adiposit). Jika penyimpanan trigliserida sudah melebihi 1,2 mg yaitu seseorang terus mengonsumsi lebih banyak kalori daripada penggunaannya, maka akan terbentuk lebih banyak adiposit atau timbunan jaringan lemak (Sherwood, 2014).

Berdasarkan distribusi jaringan lemak, obesitas dibagi menjadi 2 yaitu obesitas sentral dan obesitas perifer. Obesitas sentral merupakan penumpukan lemak yang banyak di bagian pinggang dan rongga perut sehingga menyerupai bentuk apel. Obesitas perifer merupakan penumpukan lemak dibagian pinggul, paha, dan pantat sehingga menyerupai bentuk pir (Rahmawati, 2015).

b. Epidemiologi

Menurut data World Health Organization (WHO) tahun 2015, pada tahun 2014 terdapat lebih dari 1,9 milyar orang dewasa di atas 18 tahun mengalami *overweight* dan lebih dari 600 juta orang mengalami obesitas. Di Indonesia, prevalensi obesitas menunjukkan angka yang cukup mengkhawatirkan. Berdasarkan data Riskesdas 2010, prevalensi obesitas pada anak umur 6-12 tahun berkisar 9,2%, pada

anak usia 13-15 berkisar 2,45%, usia 16-18 berkisar 1,4%, dan usia di atas 18 berkisar 21, 6% serta prevalensi obesitas pada wanita lebih tinggi dibandingkan pria (Balitbangkes, 2010).

c. Faktor Penyebab

1) Pemasukan dan penyimpanan energi berlebih

Pemasukan energi dapat melalui makanan yang nanti dipecah dan diubah dalam bentuk *Adenosin Tri Phospate* (ATP) dan menghasilkan panas melalui proses oksidasi seluler (Sherwood, 2014). Energi tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan pada kondisi basal dan pada saat beraktivitas. Apabila asupan makanan seimbang dengan kebutuhan, maka berat badan akan relatif tetap. Namun apabila asupan makanan lebih besar dibandingkan dengan kebutuhannya, maka kelebihan energi akan disimpan dalam tubuh sebagai cadangan salah satunya dalam bentuk lemak. Pada saat terjadi defisit kalori, cadangan lemak tersebut akan dipecah dan diubah menjadi energi melalui siklus asam sitrat (Guyton dan Hall, 2014). Adapun faktor yang mendukung terjadi pemasukan dan penyimpanan energi berlebih antara lain :

a) Gangguan jalur sinyal leptin

Sebagian kasus obesitas berkaitan dengan resistensi leptin yaitu terjadinya defek reseptor leptin di otak sehingga tidak merespon terhadap tingginya kadar leptin di darah yang mengganggu fungsinya dalam menurunkan nafsu makan. Selain

itu, defisiensi salah satu caraka kimiawi di jalur leptin mengganggu transport leptin menembus sawar darah otak (Sherwood, 2014).

b) Kecenderungan herediter

Perbedaan jalur keseimbangan energi sering kali bervariasi antar individu, ada yang tubuhnya dengan mudah untuk melakukan pengeluaran energi ataupun sebaliknya. Hal tersebut dapat karena memang terdapat satu salinan salah gen FTO yang memiliki kemungkinan 30% lebih besar menjadi obesitas daripada mereka yang memiliki dua salinan normal gen FTO. Jika, kedua salinan gen FTO itu salah, risiko menjadi obesitas meningkat 70 % (Sherwood, 2014).

c) Lingkungan

Perilaku hidup sehari-hari dan budaya suatu masyarakat akan mempengaruhi kebiasaan makan dan aktivitas fisik tertentu seperti kurang olahraga. Asupan makanan pada setiap individu, dapat dipengaruhi oleh kondisi mood, mental, kepribadian, citra diri, persepsi bentuk tubuh, dan sikap terhadap makanan dalam konteks sosial. Lingkungan keluarga sangat berperan dalam pola makan dan kegiatan yang dikerjakan dalam sehari-hari. Hal ini juga berkaitan dengan pendidikan di sekitar lingkungannya (Ranggadwipa, 2014).

2) Penggunaan energi yang kurang

Konsumsi makanan yang tidak diimbangi dengan penggunaan energi seperti aktivitas fisik, atau gaya hidup yang kurang aktif merupakan penyebab utama obesitas. Hal tersebut diduga akibat peningkatan adipositas tubuh (Sherwood, 2014 ; Guyton dan Hall, 2014).

d. Komplikasi

Menurut WHO, obesitas akan berdampak pada banyak penyakit terutama sindrom metabolik seperti diabetes melitus 2, penyakit jantung iskemik, stroke, dan hipertensi. Penyakit lainnya antara lain, kanker payudara, osteoarthritis, endometriosis, kanker kolon, dan penyakit ginjal. Kadar lipid darah yang tinggi dan tidak terkontrol juga merupakan fakto risiko terjadi aterosklerosis yang merupakan penyaikit di pembuluh darah yang dapat berujung pada kegagalan organ-organ vital (Segula, 2014). Selain itu, obesitas dapat mengakibatkan penurunan fungsi paru dalam bernapas karena penimbunan lemak menimbulkan terhambatnya penurunan diafragma ke rongga abdomen dan penurunan daya regang serta elastisitas paru (Sutherland *et al.*, 2016).

e. Metode Pengukuran dan Interpretasi

Penilaian antropometri dapat digunakan untuk memprediksi seseorang apakah termasuk kriteria obesitas secara umum atau tidak salah satunya adalah pengukuran indeks massa tubuh (IMT) dengan ketentuan jika $IMT \geq 23$ digolongkan oleh WHO untuk kawasan Asia-

Pasifik sebagai *overweight* dan jika $IMT \geq 25$ digolongkan sebagai obesitas I (Depkes RI, 2005). Berikut adalah klasifikasi indeks massa tubuh untuk wilayah Asia – Pasifik (Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Klasifikasi Indeks Massa Tubuh

Klasifikasi	IMT (kg/m^2)
<i>Underweight</i>	<18,5
Normal	18,5 – 22,9
<i>Overweight</i>	23 – 24,9
Obesitas derajat I	25 – 29,9
Obesitas derajat II	≥ 30

Sumber : Depkes RI, 2005

Cara yang lebih baik untuk mengkategorikan obesitas sehingga dapat mengukur secara langsung adipositas dan terhindar dari pengukuran massa otot adalah dengan mengukur persentase lemak tubuh total. Obesitas biasanya dinyatakan dengan persentase lemak tubuh total melebihi 25% pada pria dan melebihi 35% pada wanita. Pengukuran persen lemak tersebut dapat menggunakan *skinfold thickness*, impedansi bioelektrik, atau pengukuran berat badan di dalam air (Guyton dan Hall, 2014).

3. Paru

a. Anatomi Paru

Paru atau pulmo merupakan salah satu organ yang berperan dalam proses bernapas sehari-hari. Sistem paru terdiri dari 2 organ paru utama yang diselubungi oleh jaringan ikat elastis pleura visceralis. Lobus tersebut berbentuk kerucut berlokasi menggantung di sebelah kanan dan kiri mediastinum yang dilekatkan oleh radiks pulmo. Setiap

paru mempunyai apeks yang tumpul, yang menonjol ke atas ke dalam leher sekitar 2,5 cm di atas clavicula; basis yang konkaf yang terletak di atas diafragma; *facies costalis* yang konveks yang disebabkan oleh dinding thoraks yang konkaf; *facies mediastinalis* yang konkaf yang merupakan cetakan perikardium dan alat-alat mediastinum lainnya. Radiks pulmo berisi bronkus, pembuluh darah, dan persarafan paru yang menjadi satu berlokasi di pertengahan *facies mediastinalis*. Paru kanan dibagi oleh fisura transversa dan fisura oblik menjadi tiga lobus, sedangkan paru kiri hanya memiliki fisura oblik yang membagi paru kiri menjadi dua lobus (Snell dan Richard, 2011).

b. Fisiologi Paru

Fungsi dari pernapasan adalah untuk menyediakan oksigen sebagai kebutuhan sel dan mengeliminasi zat sisa yaitu karbondioksida. Proses tersebut berlangsung secara 3 tahap :

- 1) Ventilasi pulmoner, yaitu proses mekanis yang melibatkan pergantian udara antara lingkungan atmosfer dengan alveolus paru. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan tekanan dalam paru dengan lingkungan atmosfer yang kecepatannya diatur sesuai kebutuhan metabolik tubuh terhadap ambilan O_2 dan CO_2 . Ventilasi paru terdiri dari inspirasi dan ekspirasi (Sherwood, 2014).
- 2) Respirasi eksternal, yaitu proses pertukaran O_2 dan CO_2 antara udara di alveolus dengan darah di kapiler alveoli melalui proses difusi (Sherwood, 2014).

- 3) Respirasi internal, yaitu proses metabolik intrasel terutama di dalam mitokondria yang menggunakan O_2 berasal dari kapiler sistemik dan membuang zat sisa CO_2 dari sel ke dalam kapiler sistemik menuju alveolus (Sherwood, 2014).

Perbedaan gradien tekanan antara lingkungan atmosfer dengan alveolus menyebabkan udara dapat mengalir keluar dan masuk paru yaitu disaat kita melakukan bernapas yang mana terjadi aktivitas siklik otot pernapasan. Adapun tekanan yang berperan dalam proses pertukaran udara yaitu (Sherwood, 2014) :

1) Tekanan atmosfer

Tekanan atmosfer adalah tekanan yang ditimbulkan oleh berat udara di atmosfer pada benda di permukaan bumi. Secara normal, tekanan di atas permukaan air laut adalah 760 mmHg dengan komposisi gas penyusun utama adalah nitrogen ($\pm 78\%$ dari seluruh gas di atmosfer), oksigen ($\pm 20,94\%$), argon (0,93%), karbondioksida (0,03%), dan lain-lain. Tekanan atmosfer akan berkurang seiring dengan penambahan ketinggian di atas permukaan air laut karena kolom udara di atas permukaan bumi menurun.

2) Tekanan intra-alveolus

Alveolus berhubungan secara langsung dengan atmosfer, sehingga ketika terdapat perbedaan gradien maka udara akan cepat mengalir keluar atau masuk paru sampai

terjadi keseimbangan tekanan. Perubahan dari tekanan intra-alveolus dipengaruhi oleh pergerakan pernapasan.

3) Tekanan intrapleura

Tekanan ini juga dikenal sebagai tekanan intratoraks yang mana mengisi dari kantung pleura dan dipengaruhi oleh tekanan di luar paru. Tekanan intrapleura biasanya lebih rendah daripada tekanan di atmosfer, rerata 756 mmHg saat istirahat. Hal itu disebabkan kantung pleura tertutup maka tidak terjadi pertukaran udara disini sehingga tidak terjadi juga penyeimbangan tekanan.

Selain itu, saat bernapas kita juga dibantu oleh otot pernapasan yang membantu menimbulkan pengembangan dan pengempisan paru. Proses mekanis ini pada dasarnya dibagi menjadi 2 metode yaitu (Guyton dan Hall, 2014) :

- 1) Metode pertama menggunakan kontraksi otot diafragma untuk menarik permukaan bawah paru ke arah bawah sehingga udara dapat masuk dari lingkungan atmosfer. Ketika diafragma berelaksasi, dibantu dengan sifat rekoil elastik paru, dinding dada, dan kontraksi otot-otot abdomen, maka terjadi pengeluaran udara.
- 2) Metode kedua, ketika inspirasi terjadi mekanisme mengangkat rangka iga sehingga tulang iga langsung maju dan mendorong sternum ke depan serta membuat diameter dinding anteroposterior dada membesar. Otot yang berperan

mengangkat rangka iga adalah otot *intercostalis eksterna* dan dibantu otot *sternocleidomastoideus*, otot *serratus anterior*, dan otot *skalenus*. Sedangkan saat fase ekspirasi, yaitu terjadi penarikan otot rangka iga ke bawah, diperankan oleh otot *intercostalis internus*, otot *rectus abdominis*, dan otot – otot abdomen lainnya.

4. Penilaian Fungsi Paru

Penilaian fungsi paru adalah prosedur untuk menunjang diagnostik, *monitoring therapy* kelainan fungsi yang berada di sistem pernapasan baik saluran napas, parenkim paru, pembuluh darah paru, dan mekanisme pemompaan. Nilai yang muncul dalam pemeriksaan akan dibandingkan dengan nilai normal yang berasal dari penelitian populasi dan dinyatakan dalam persentase nilai prediksi. Adapun macam-macam tes fungsi paru adalah spirometri sederhana, pengukuran volume paru formal, kapasitas difusi karbonmonoksida (CO) dan gas darah arteri. Spirometri merupakan suatu pemeriksaan yang paling sering digunakan untuk menilai proses ventilasi paru, yaitu dengan mengukur volume dan kapasitas paru atau udara yang dihembuskan dari kapasitas paru total hingga volume residu (Harahap dan Aryastuti, 2012).

Spirometri dapat digunakan berdasarkan beberapa indikasi, diantaranya adalah untuk menentukan diagnosa dan prognosis penyakit paru, untuk monitoring dari intervensi pengobatan, memantau individu yang terpajan agen berbahaya, untuk mengevaluasi kecacatan penyakit, menentukan pemilihan program rehabilitasi, dan dapat digunakan untuk

survei epidemiologis. Adapun kontraindikasinya terbagi menjadi relatif dan absolut. Contoh kontraindikasi relatif adalah : hemoptisis, pneumotoraks, angina pectoris tidak stabil, hernia skrotalis, hernia inguinalis, hernia ventralis, *Hernia Nucleous Pulposus* (HNP), dan lain-lain. Contoh kontraindikasi absolut adalah peningkatan tekanan intrakranial, ablasio retina, *space occupying lesion* (SOL), dan lain-lain (Uyainah *et al.*, 2014).

Pada pemeriksaan spirometri, untuk memperoleh hasil yang baik dan lebih akurat, maka pemeriksaan harus memenuhi 2 kriteria antara lain (Levy *et al.*, 2009; Uyainah *et al.*, 2014) :

a. Kriteria *acceptability*

- 1) Persiapan pemeriksaan harus baik.
- 2) Usaha ekspirasi menunjukkan gangguan minimal.
- 3) Waktu ekspirasi minimal 3 detik.
- 4) Grafik *flow – volume* memiliki puncak.
- 5) Terbebas dari artefak seperti batuk saat awal ekspirasi, penutupan glotis yang mempengaruhi pengukuran, kebocoran udara saat pengukuran, sumbatan pada *mouth piece*, dan usaha dari subjek tidak maksimal.

b. Kriteria *reproducibility*

- 1) Dapat ditentukan setelah dilakukan 3 kali pemeriksaan yang memenuhi kriteria *acceptability*.
- 2) Pemeriksaan yang memiliki *reproducibility* baik adalah pemeriksaan yang 2 manuever dengan nilai terbesar mempunyai

perbedaan volume absolut $< 5\%$ atau kurang dari 100 ml untuk nilai FVC dan FEV1 sehingga hasil yang terpilih adalah yang memiliki nilai terbesar.

Parameter yang sering digunakan dalam interpretasi pemeriksaan spirometri untuk mengetahui fungsi paru antara lain (Hughes, 2017) :

- a. Kapasitas vital (KV)/*vital capacity* (VC) adalah jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan dari paru setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimal dan kemudian mengeluarkan sebanyak – banyaknya. Kapasitas vital dapat juga didefinisikan sebagai penjumlahan dari volume cadangan inspirasi (VCI)/*inspiratory reserve volume* (IRV), volume cadangan ekspirasi (VCE)/*expiratory reserve volume* (ERV), dan volume tidal (VT).
- b. Kapasitas vital paksa (KVP)/*forced vital capacity* (FVC) adalah jumlah udara yang dapat dikeluarkan secara maksimal setelah inspirasi secara maksimal dan dilakukan secara paksa atau sekuat mungkin.
- c. Volume ekspirasi paksa dalam 1 detik (VEP_1)/*forced expiratory volume in one second* (FEV1) adalah volume udara yang dapat dikeluarkan selama ekspirasi paksa dalam satu detik pertama.
- d. Rasio VEP_1/KVP atau rasio FEV_1/FVC adalah perbandingan nilai FEV1 dengan nilai FVC.
- e. *Forced Expiratory Flow* antara kapasitas 25% dan 75% ($FEF_{25-75\%}$) adalah kecepatan aliran udara rata-rata yang dikeluarkan selama kapasitas vital 50%.

- f. *Peak expiratory flow* (PEF) adalah kecepatan aliran udara maksimal selama ekspirasi.
- g. Kapasitas residu fungsional (KRF)/ *functional residual capacity* (FRC) adalah volume udara di paru pada akhir ekspirasi pasif normal. KRF merupakan penjumlahan dari volume residu dan volume cadangan ekspirasi.

Setelah semua persiapan dan pemeriksaan selesai dilakukan, tentukan nilai referensi normal FEV1 dan FVC pasien berdasarkan umur, jenis kelamin, dan tinggi badan. Nilai absolut yang muncul dalam pemeriksaan dapat dibandingkan dengan nilai normal khusus untuk orang Indonesia, kemudian dinyatakan dalam persentase sehingga hasilnya lebih akurat. Nilai normal yang diacu sesuai dengan penelitian yang dilakukan pada populasi orang Indonesia, oleh Proyek Pneumobile Indonesia (PPI) berdasarkan rekomendasi dari *American Thoracic Society* (Alsagaff *et al.*, 1992). Nilai normal ditampilkan dalam lampiran (lampiran 3). Hasil tersebut dapat diinterpretasikan sebagai gangguan paru restriktif, obstruktif, atau kombinasi keduanya (Uyainah *et al.*, 2014). Untuk nilai spirometri normal menurut *GOLD Spirometry* tahun 2010 yaitu : rasio FEV1/FVC $\geq 70\%$, FEV1 $\geq 80\%$, dan FVC $\geq 80\%$.

Gangguan paru obstruktif adalah kondisi penyempitan dan gangguan aliran udara di saluran pernapasan sehingga menurunkan kapasitas pernapasan untuk melakukan ventilasi terutama ekspirasi. Nilai spirometri yang terpengaruh adalah penurunan rasio FEV1/FVC yaitu $< 70\%$, FEV1 $< 80\%$, dan FVC cenderung normal. Setelah menetapkan

diagnosis obstruktif, dilakukan penilaian derajat obstruksinya (Tabel 2.3) (Uyainah *et al.*, 2014).

Tabel 2.3 Derajat Obstruksi

Derajat Obstruksi	% prediksi FEV1
Ringan	70 – 79% prediksi
Sedang	60 – 69% prediksi
Sedang-berat	50 – 59% prediksi
Berat	35 – 49% prediksi
Sangat berat	<35% prediksi

Sumber : Uyainah *et al.*, 2014

Gangguan paru restriktif adalah kondisi jaringan paru yang terhambat dalam proses pengembangannya karena kurang elastis sehingga terdapat kesulitan untuk menarik napas. Nilai spirometri yang terpengaruh adalah penurunan FVC yaitu <80%, untuk nilai rasio FEV1/FVC cenderung normal atau meningkat, juga disertai terjadi reduksi patologik kapasitas paru total (KPT <80%). Setelah menetapkan diagnosis restriktif, dilakukan penilaian derajat restriktifnya (Tabel 2.4) (Uyainah *et al.*, 2014).

Tabel 2.4 Derajat Restriksi

Derajat Restriksi	% prediksi FVC
Ringan	70 – 79% prediksi
Sedang	60 – 69% prediksi
Sedang-berat	50 – 59% prediksi
Berat	35 – 49% prediksi
Sangat berat	<35% prediksi

Sumber : Uyainah *et al.*, 2014

5. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nilai Fungsi Paru

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi nilai fungsi paru antara lain:

a. Genetik

Mutasi dari gen *SERPINA1* dapat menyebabkan defisiensi protein *alpha-1-antitrypsin* yang berfungsi sebagai faktor protektif dari *neutrophil elastase*. *Neutrophil elastase* merupakan protein yang dapat memecah dari serat elastin di saluran napas (Ferrarotti *et al.*, 2018). Kombinasi dari paparan polusi udara seperti asap rokok dan mutasi gen *SERPINA1* meningkatkan risiko terjadinya proses inflamasi di saluran napas yang bermanifestasi pada penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). Hal tersebut ditandai dengan penurunan dari rasio FEV1/FVC dan nilai FEV1 (Molfinno, 2007).

Mutasi dari gen pembawa protein surfaktan tipe C akan meningkatkan proses inflamasi di paru-paru akibat paparan eksogen dan memicu sekresi dari sitokin, kemokin, *growth factor* seperti *tumor necrosis factor* (TNF), *vascular endothelial growth factor* (VEGF), *platelet derived growth factor* (PDGF) dan *interleukins* (IL). Proses tersebut berkontribusi terhadap diferensiasi dan proliferasi dari fibroblas, meningkatkan sintesis dan deposit matriks ekstraseluler yang bermanifestasi pada penyakit paru interstitial. Hal tersebut menunjukkan gangguan paru restriktif dan mempengaruhi nilai dari FVC (Hartl dan Griese, 2005; Shaw *et al.*, 2015).

b. Usia

Awal terjadi penurunan nilai kapasitas vital yaitu saat usia 30 tahun dengan kecepatan 20-30 ml/tahun, dan ketika sudah menginjak usia 40 tahun terjadi penurunan yang lebih cepat dari sebelumnya. Semakin bertambahnya umur maka akan terjadi proses degenerasi sel dan menjadi salah satu faktor risiko kerusakan jaringan paru sehingga terjadi penurunan elastisitas paru. Sedangkan saat usia anak-anak cenderung terjadi peningkatan nilai kapasitas paru hingga mencapai maksimum di usia 19 sampai 22 (Sibuntar, 2013; Wulandari *et al.*, 2014).

c. Riwayat pekerjaan

Pekerjaan yang bertempat pada lingkungan kerja berpolusi baik itu debu, serat, zat kimia, uap akan berisiko untuk terkena gangguan sistem pernapasan. Hal tersebut akan meningkat risikonya jika agen tersebut terpajan secara rutin dan berlangsung dalam waktu yang lama serta tidak dilengkapinya alat pelindung diri seperti masker, *respiratory mask* dan lain-lain. Agen tersebut dapat mengganggu jaringan paru melalui proses inhalasi sehingga terjadi hiperaktivitas bronkus akibat pengaktifan histamin dan jika berlangsung cukup kronis akan menyebabkan jaringan parut pada organ paru dan menyebabkan fungsi pengembangan menjadi berkurang, namun derajat keparahannya selain dari faktor pajanan juga tergantung dari ukuran partikel, jumlah partikel, dan sifat aerodinamis partikel tersebut (Sibuntar, 2013; Wulandari *et al.*, 2014).

d. Kebiasaan merokok

Kandungan zat berbahaya di dalam rokok dapat merusak struktur dan mengganggu fungsi paru karena kandungan tersebut memicu proses inflamasi pada saluran napas maupun parenkim paru dan jika hal tersebut menjadi kebiasaan akan menimbulkan fibrosis jaringan paru (Sibuntar, 2013). Kandungan radikal bebas dalam rokok diduga dapat menurunkan kemampuan suplai darah ke otot tersebut sehingga terjadi penurunan signifikan nilai FVC (Tantisuwat dan Thaveeratitham, 2014).

e. Aktivitas fisik

Kondisi aktivitas yang cukup berat dalam 30 menit terakhir akan memengaruhi nilai fungsi paru (Hughes, 2017). Latihan fisik yang rutin secara mekanis akan menyebabkan otot terutama otot pernapasan menjadi lebih elastis sehingga memudahkan proses ventilasi udara masuk ke dalam paru (Wulandari *et al.*, 2014).

f. Riwayat penyakit paru

Penyakit seperti bronkitis, asma bronchial, tuberculosis, dan pneumonia akan memengaruhi penurunan volume paru. Tuberculosis merupakan penyakit paru yang dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan paru dan terbentuknya jaringan fibrosis pada paru sehingga fungsi pengembangan paru akan terganggu (Wulandari *et al.*, 2014).

g. Kelainan anatomi

Kelainan struktur dinding dada seperti kifosis, skoliosis, pektus ekskavatum dapat mempengaruhi nilai kapasitas vital paru (Price, 2005).

h. Jenis kelamin

Maturasi saluran napas dan paru terus berlanjut dari anak-anak hingga dewasa dengan karakteristik perkembangan saluran napas dan paru pada pria lebih besar dibandingkan dengan wanita meskipun ukuran tubuhnya sama. Tak terkecuali pula pada perkembangan dinding dada pria juga lebih lebar dibandingkan wanita. Hal di atas dapat menentukan volume rongga dada yang berdampak pada perubahan nilai fungsi paru (Carey *et al.*, 2007; LoMauro dan Aliverti, 2018).

Perbedaan jenis kelamin, juga berakibat pada perbedaan letak distribusi lemak. Pada wanita distribusi lemaknya cenderung terletak di regio gluteal-femoral karena efek hormon estrogen menyebabkan pengendapan lemak di lokasi strategis seperti payudara, bokong, dan paha. Pada laki-laki yang memiliki sedikit estrogen, penumpukan lemaknya cenderung terletak di regio abdomen atau tubuh bagian atas. Alasan ini dihubungkan dengan penurunan fungsi paru yang lebih besar pria dibandingkan dengan wanita, karena obesitas tipe android menyebabkan beban lebih otot pernapasan dada dalam proses pengembangan dinding dada (Jeelani *et al.*, 2015).

i. Status gizi

Kondisi obesitas menyebabkan penumpukan lemak berlebih di bawah diafragma dan di dinding dada sehingga menimbulkan gangguan mekanis pada proses ventilasi udara ke dalam paru, meskipun penderita hanya melakukan aktivitas ringan (Wulandari *et al.*, 2014).

6. Hubungan Antara Persen Lemak Tubuh dengan Nilai Fungsi Paru

Pada penelitian Joshi *et al.* (2008), menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara persen lemak tubuh dengan nilai fungsi paru (ERV, FVC, MVV, FEV1) pada laki – laki yang diukur menggunakan *skinfold*. Diperkuat lagi oleh penelitian Sutherland *et al.* (2016), bahwa peningkatan adipositas tubuh yang diukur dengan BIA diduga berdampak pada penurunan nilai FVC dan FEV1 bagi laki-laki. Mekanisme yang diduga terjadi pada orang dengan persen lemak tubuh di atas normal (obesitas) terhadap gangguan fungsi paru antara lain :

a. Perubahan mekanika respirasi

Kondisi obesitas terutama tipe sentral memberikan beban tambahan pada otot pernapasan di bagian thoraks dan abdomen untuk bekerja lebih keras menghasilkan tekanan negatif yang lebih tinggi pada rongga pleura agar terjadi perpindahan udara dari lingkungan atmosfer ke dalam paru. Hal tersebut akan menyebabkan penurunan kemampuan peregangan (*compliance*) paru dan dinding thoraks. Selain itu, penumpukan lemak berlebih juga dapat mengganggu fungsi mekanis diafragma saat proses inspirasi sehingga

udara yang masuk ke saluran terminal mengalami kesulitan (Joshi *et al.*, 2008). Pada akhirnya akan menurunkan nilai fungsi paru (FVC, FEV1). Usaha untuk mengkompensasi peningkatan beban tambahan pada otot pernapasan adalah peningkatan frekuensi napas agar mencapai ventilasi alveolar yang cukup (Sinabutar, 2013).

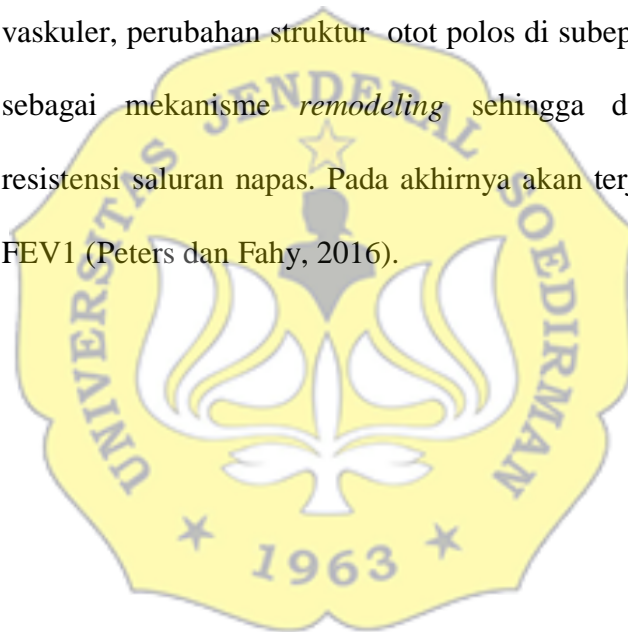
Akumulasi massa lemak di thoraks dapat meningkatkan volume darah paru sebagai bentuk kompensasi terhadap suplai O₂ di jaringan tersebut. Hal itu mengakibatkan tekanan di pembuluh darah paru mendorong secara mekanis pada tekanan transpulmoner di alveolus sehingga berdampak terhadap penurunan daya regang paru dan penurunan nilai KRF (Desai dan Moustarah, 2019).

b. Kekuatan dan ketahanan otot pernapasan

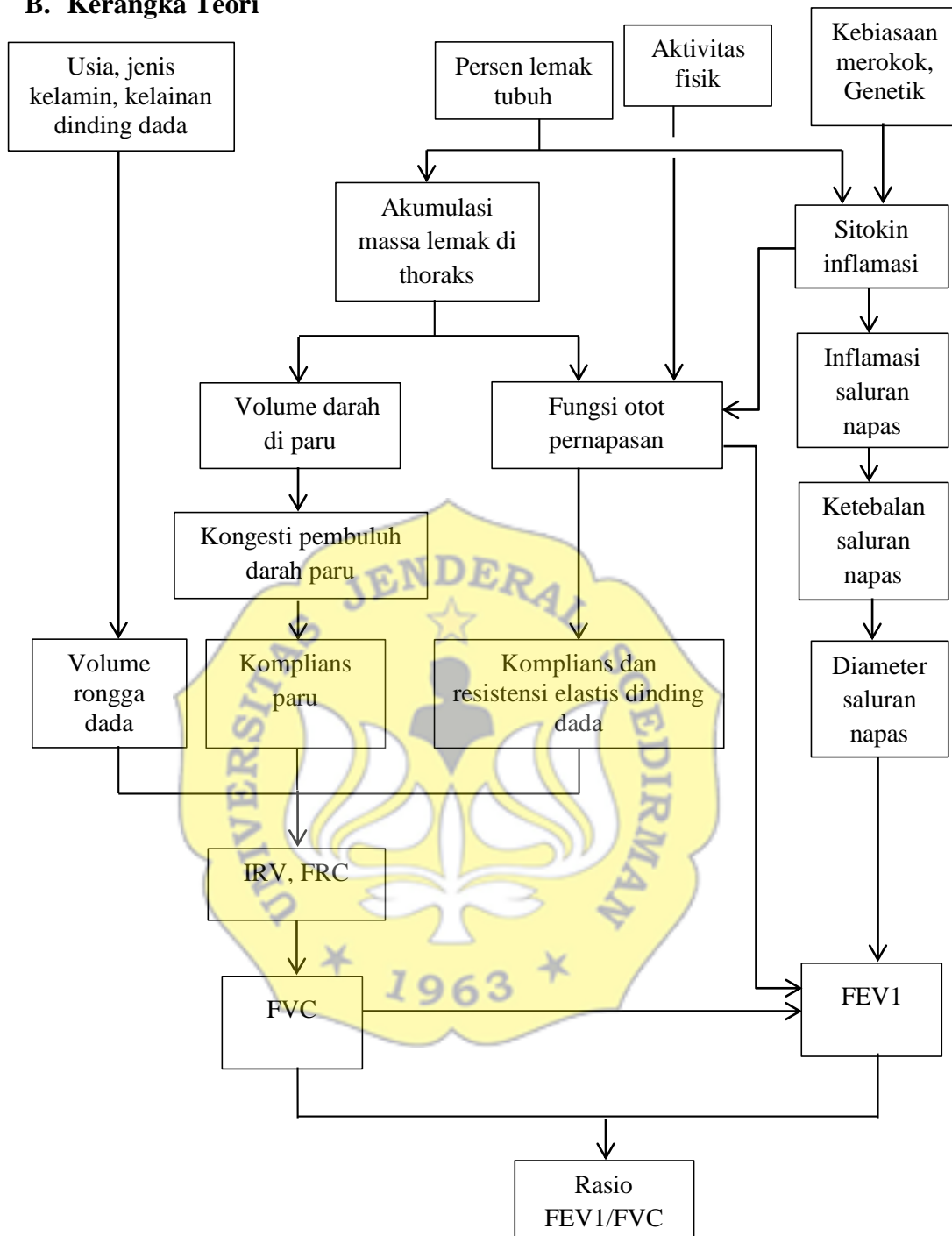
Infiltrasi lemak pada otot pernapasan ditambah dengan peregangan berlebihan otot pernapasan diduga menurunkan kekuatan dan ketahanan otot inspirasi dan ekspirasi tersebut sehingga menurunkan fungsi ventilasi paru dan pengembangan dinding dada (Sinabutar, 2013). Sebaliknya, latihan fisik yang rutin secara mekanis akan menyebabkan otot terutama otot pernapasan menjadi lebih elastis sehingga memudahkan proses ventilasi udara masuk ke dalam paru (Wulandari *et al.*, 2014). Kandungan radikal bebas dalam rokok diduga dapat menurunkan kemampuan suplai darah ke otot tersebut sehingga terjadi penurunan signifikan nilai FVC (Tantisuwat dan Thaveeratitham, 2014).

c. Peran sitokin inflamasi dari adiposit

Peningkatan timbunan lemak berhubungan dengan peningkatan sejumlah kelompok hormon adipokin yang disekresi oleh makrofag sel adiposa tersebut. Adipokin tersebut dapat berupa sitokin inflamasi yang berperan dalam sistem imun yaitu *interleukin-6* (IL-6), *tumor necrosis factor- α* (TNF- α), *transforming growth factor TGF- β* , *eotaxin*, dan *c-reactive protein* (CRP) (Delgado *et al.*, 2008). Sitokin IL-6 berperan dalam aktivasi fibroblas, sel endotel vaskuler, perubahan struktur otot polos di subepitelial saluran napas sebagai mekanisme *remodeling* sehingga dapat meningkatkan resistensi saluran napas. Pada akhirnya akan terjadi penurunan nilai FEV1 (Peters dan Fahy, 2016).



B. Kerangka Teori

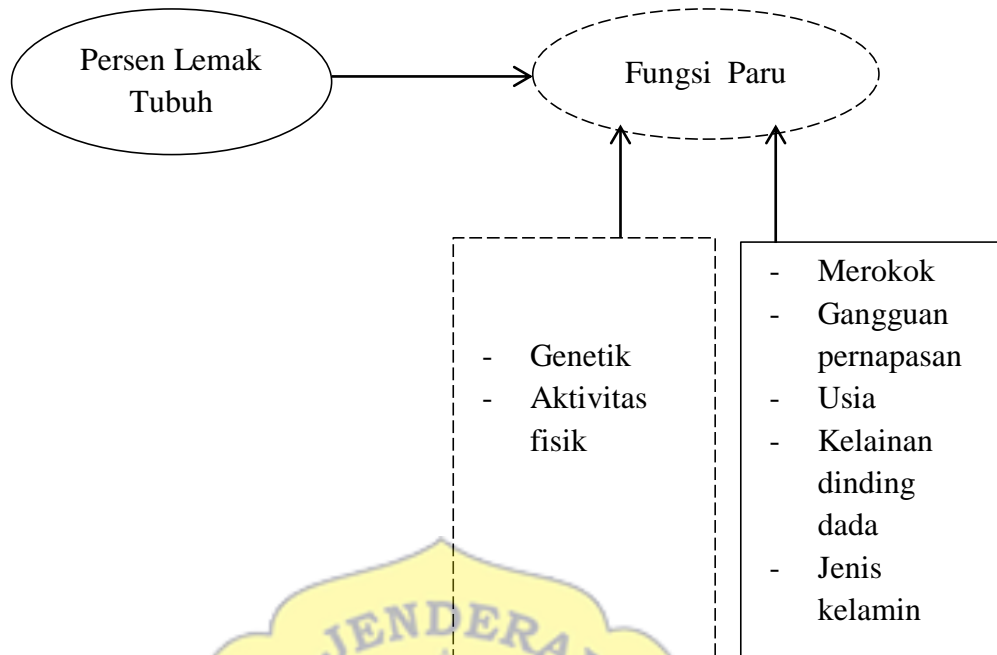


Keterangan :

→ = mempengaruhi

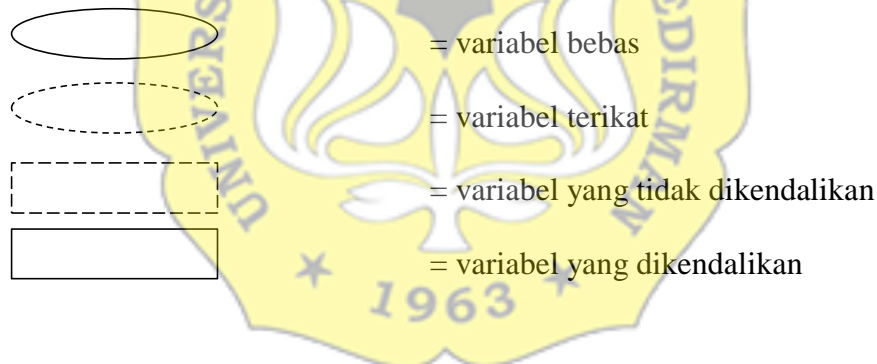
Gambar 2.1 Kerangka Teori Penelitian.

C. Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep Penelitian.

Keterangan :



D. Hipotesis Penelitian

1. Terdapat hubungan antara persen lemak tubuh dengan nilai persen prediksi FVC mahasiswa kedokteran Universitas Jenderal Soedirman.
2. Terdapat hubungan antara persen lemak tubuh dengan nilai persen prediksi FEV1 mahasiswa kedokteran Universitas Jenderal Soedirman.
3. Terdapat hubungan antara persen lemak tubuh dengan rasio FEV1/FVC mahasiswa kedokteran Universitas Jenderal Soedirman.