

**HUBUNGAN OBESITAS DENGAN NILAI ARUS PUNCAK
EKSPIRASI (APE) PADA MAHASISWA FAKULTAS
KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

(Skripsi)

**Oleh :
Vania Christy M. Panjaitan
2018011025**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**HUBUNGAN OBESITAS DENGAN NILAI ARUS PUNCAK
EKSPIRASI (APE) PADA MAHASISWA FAKULTAS
KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

Oleh :

Vania Christy M. Panjaitan

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA KEDOKTERAN**

Pada

**Fakultas Kedokteran
Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **HUBUNGAN OBESITAS DENGAN NILAI ARUS PUNCAK EKSPIRASI (APE) PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : Vania Christy M. Panjaitan

No. Pokok Mahasiswa : 2018011025

Program Studi : Pendidikan Dokter

Fakultas : Kedokteran

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



dr. Mukhlis Imanto, S. Ked., M. Kes., Sp.THT-KL
NIP. 197802272003121002



dr. Ade Yonata, S. Ked., M. Mol. Biol., Sp.PD-KGH., FINASIM
NIP. 197904112005011004

2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc
NIP. 197601202003122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : dr. Mukhlis Imanto, S. Ked., M. Kes., Sp.THT-KL



**Sekretaris : dr. Ade Yonata, S. Ked., M. Mol Biol.,
Sp. PD-KGH., FINASIM**



**Penguji
Bukan Pembimbing : dr. Nisa Karima, S. Ked., M. Sc.**



2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc
NIP. 197601202003122001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 Januari 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi dengan judul **“HUBUNGAN OBESITAS DENGAN NILAI ARUS PUNCAK EKSPIRASI (APE) PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG”** adalah hasil karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam akademik atau yang dimaksud dengan plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 31 Januari 2024

Pembuat pernyataan,



Vania Christy M Panjaitan

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Medan pada tanggal 31 Desember 2001, sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Sugerkris Panjaitan dan Ibu Ameria Girsang.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) diselesaikan di TK Katolik Asisi Medan pada tahun 2008, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Katolik Asisi Medan pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP St. Thomas 1 Medan pada tahun 2017 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Unggul Del Laguboti pada tahun 2020.

Tahun, 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen Biokimia dan Biomolekuler tahun 2022-2023 dan aktif pada organisasi CIMSA Unila sebagai anggota dari *Supporting Division Media and Communication Team* tahun 2021 dan *Lampung University Medical Research (LUNAR)* sebagai wakil kepala divisi *Social and Partnership* tahun 2021-2022.

*Sebuah Persembahan Sederhana dan Berharga untuk
Papa, Mama, dan Bagas*

*“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada padaKu mengenai kamu,
demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan
kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan”*

Yeremia 29:11

SANWACANA

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini dengan judul **“Hubungan Obesitas Dengan Nilai Arus Puncak Ekspirasi (APE) Pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung”**.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan bantuan, dorongan, saran, bimbingan dan kritik dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D. E. A. IPM selaku Rektor Universitas Lampung
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S. Ked., M. Sc. selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
3. Dr. dr. Indri Windarti, S. Ked., Sp.PA. selaku Ketua Jurusan Kedokteran Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik selama perkuliahan.
4. Dr. dr. Khairunnisa Berawi, S.Ked., M.Kes., AIFO selaku Kepala Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
5. dr. Mukhlis Imanto, S. Ked., M. Kes., Sp. THT-KL selaku Pembimbing Utama, atas kesediaannya meluangkan waktu dalam membimbing skripsi, memberikan kritik, saran dan nasihat dalam penyusunan skripsi ini.
6. dr. Ade Yonata, S. Ked., M.Mol.Biol., Sp.PD-KGH, FINASIM selaku Pembimbing Kedua, atas kesediaannya meluangkan waktu dalam membimbing skripsi, memberikan kritik, saran dan nasihat dalam penyusunan skripsi ini.
7. dr. Nisa Karima, S. Ked., M. Sc. selaku Pembahas, atas kesediaannya meluangkan waktu dalam memberikan kritik, saran dan nasihat dalam penyusunan skripsi ini.

8. Seluruh staf pengajar dan karyawan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang telah bersedia membimbing, memberikan ilmu dan waktu selama perkuliahan.
9. Papa tersayang, Sugerkris Panjaitan, atas doa, cinta, kasih, nasihat dan bimbingan yang terus menerus diberikan hingga akhir hayatnya pada anaknya ini untuk meraih impian.
10. Mama tersayang, Ameria Girsang, atas doa, cinta, kasih, nasihat dan bimbingan yang terus menerus diberikan pada anaknya ini untuk meraih impian.
11. Adik tersayang, Bagas Panjaitan, atas cinta dan kasih, serta semangatnya yang terus mendukung kakaknya ini dalam meraih cita-cita.
12. Keluarga besar yang tersayang, atas doa, dukungan dan nasihat yang diberikan. Semoga Tuhan Yesus memberkati kalian semua.
13. Orang terkasih, Kevin, atas perhatian, cinta kasih, petuah dan kebersamaannya selama preklinik dan pembuatan skripsi ini.
14. Teman-teman “T20MBOSIT”, atas semua perhatian dan dukungan yang tulus menyertai perjalanan saya selama kuliah di preklinik. Semoga kita sukses semua.
15. Teman-teman terdekat saya, Devina, Indah, Debo, dan Yaya atas kesediaannya yang menemani masa-masa gempuran skripsi dan masa akhir kuliah yang penuh tantangan. Semoga kalian semua sukses.
16. Teman-teman “CSL MANUSIA 5”, Abrila, Muthi, Nuuy, Yaya, Ami, Ojan, Om, Alpa dan Pitha atas kesediaannya menemani masa-masa sukacita dan dukacita selama 2 tahun terakhir perkuliahan preklinik. Semoga kalian semua sukses.
17. Teman-teman seperbimbingan skripsi, Komang Devi, Kezia, Devira, Maria dan Reza, atas kesediaannya menemani masa-masa bimbingan skripsi bersama dan senantiasa menjadi tempat berkeluh kesah selama bimbingan skripsi. Semoga kalian sukses selalu
18. Teman-teman “3DAN”, Alip, Lintang, Indahh, Isan, Billbill, Brigg, Nahra, Dapuk, Nanad, Raysa dan Nurull, atas kesediaannya menemani masa-masa adaptasi di semester awal perkuliahan preklinik yang sangat seru dan penuh kejutan. Semoga kalian semua sukses.

19. Teman-teman Asisten Dosen Biokimia dan Biomolekuler 2022-2023 atas kesediaannya memberikan dukungan dan bantuan dalam menemani masa-masa asisten dosen dengan penuh sukacita dan perjuangan. Semoga kalian semua sukses selalu.
20. Teman-teman lainnya yang mungkin belum tersebut dalam lembaran ini, atas bantuan, bimbingan, dan kesediaannya menemani saya selama ini selama perkuliahan. Semoga kalian semua sukses.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya

Bandar Lampung, 31 Januari 2024

Penulis

Vania Christy M. Panjaitan

ABSTRACT

RELATIONSHIP BETWEEN OBESITY AND PEAK EXPIRATORY FLOW RATE IN MEDICAL STUDENTS, UNIVERSITY OF LAMPUNG

By

VANIA CHRISTY M PANJAITAN

Background : Obesity alters ventilation and perfusion ratios by affecting lung capacity and respiratory function. In 2018, the prevalence of obesity in Indonesia rose by 47.3%, while in 2019, it rose by 18.3% in Bandar Lampung. The objective of research conducted at the Faculty of Medicine, University of Lampung, was to establish a correlation between obesity and peak expiratory flow rate (PEFR) among students. This investigation sought to generate novel knowledge and laid the groundwork for health interventions particularly within campus settings.

Methods : This study was conducted from November to December 2023 utilizing an analytical survey design with a cross-sectional model. The method of sampling was cluster random sampling. A total of 106 students comprised the research sample, 53 of whom were obese and 53 of whom were not obese. This study incorporated a physical examination that included body mass index (BMI) calculations and measurements of height, weight, and peak expiratory flow rate (PEFR). Kolmogorov-Smirnov was utilized for the bivariate analysis.

Results : Based on the findings of this research, the age distribution of individuals affected by obesity was predominately between 18 and 21 years. Furthermore, in terms of gender, a greater proportion of those affected were female than male, and a greater number of them were classified as having central obesity. In contrast, the yellow zone comprised the majority of the peak expiratory flow rate distribution, comprising 67 individuals (63.2% of the overall respondents). The bivariate analysis yielded inconclusive findings regarding the relationship between obesity and the PEFR ($p=0.302$), but a significant association was observed between central obesity and the PEFR ($p=0.017$).

Conclusion : Among University of Lampung medical students, there was a correlation between central obesity and PEFR but no association between obesity and PEFR.

Keywords : Obesity, Central Obesity, Peak Expiratory Flow Rate

ABSTRAK

HUBUNGAN OBESITAS DENGAN NILAI ARUS PUNCAK EKSPIRASI PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG

Oleh

VANIA CHRISTY M PANJAITAN

Latar Belakang: Obesitas mampu memengaruhi volume paru-paru dan fungsi pernapasan, yang memicu perubahan rasio ventilasi dan perfusi. Prevalensi obesitas di Indonesia, meningkat 47,3% pada tahun 2018 dan di Bandar Lampung meningkat 18,3% tahun 2019. Studi di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung bertujuan untuk memahami hubungan obesitas dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa, memberikan wawasan baru dan dasar untuk intervensi kesehatan di lingkungan kampus.

Metode : Penelitian ini menggunakan metode survei analitik dengan model *cross sectional* yang dilakukan pada bulan November hingga Desember 2023. Pengambilan sampel menggunakan teknik *cluster random sampling*. Sampel penelitian sebesar 106 mahasiswa, terdiri dari 53 orang obesitas dan 53 orang tidak obesitas. Penelitian ini dilaksanakan dengan pemeriksaan fisik berupa, tinggi badan, berat badan dan nilai arus puncak ekspirasi (APE) serta perhitungan indeks massa tubuh (IMT). Analisis bivariat menggunakan *kolmogorov-smirnov*.

Hasil : Hasil penelitian ini didapatkan distribusi penderita obesitas berdasarkan usia terbanyak berusia 18 tahun dan 21 tahun, berdasarkan jenis kelamin lebih banyak ditemukan pada perempuan daripada laki-laki dan berdasarkan obesitas sentral lebih banyak yang termasuk obesitas sentral. Sedangkan distribusi nilai arus puncak ekspirasi paling banyak terdapat pada zona kuning berjumlah 67 orang (63,2 % dari total responden). Hasil dari analisis bivariat didapatkan tidak ada hubungan obesitas dengan nilai APE ($p=0,302$), sedangkan terdapat hubungan obesitas sentral dengan nilai APE ($p= 0,017$).

Simpulan: Tidak terdapat hubungan antara obesitas dengan nilai APE dan terdapat hubungan antara obesitas sentral dengan nilai APE pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Universitas Lampung

Kata Kunci : Obesitas, Obesitas Sentral, Nilai Arus Puncak Ekspirasi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.3.1. Tujuan Umum.....	6
1.3.2. Tujuan Khusus.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
1.4.1. Bagi Peneliti	7
1.4.2. Bagi Ilmu Pengetahuan	7
1.4.3. Bagi Masyarakat.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Obesitas	8
2.1.1. Definisi	8
2.1.2. Epidemiologi	8
2.1.3. Faktor Resiko	9
2.1.4. Klasifikasi	14
2.1.5. Patofisiologi	16
2.1.6. Diagnosis.....	18
2.1.7. Tatalaksana.....	22
2.1.8. Komplikasi	24
2.2. Sistem Pernapasan.....	27
2.2.1. Anatomi Pernapasan.....	27
2.2.2. Fisiologi Pernapasan	37
2.2.3. Faktor yang Memengaruhi	40
2.3. Hubungan Obesitas dengan Fisiologi Sistem Pernapasan.....	46
2.4. Arus Puncak Ekspirasi (APE)	48
2.4.1. Definisi	48
2.4.2. Fungsi	48
2.4.3. Faktor yang Memengaruhi APE.....	48
2.4.4. Aspek Teknis Uji Arus Puncak Ekspirasi	50
2.5. Kerangka Teori.....	51
2.6. Kerangka Konsep	52
2.7. Hipotesis.....	52

2.7.1. Hipotesis null (H ₀).....	52
2.7.2. Hipotesis alternatif (H _a).....	52
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	53
3.1. Rancangan Penelitian	53
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	53
3.3. Populasi dan Sampel	53
3.3.1. Populasi Penelitian.....	53
3.3.2. Sampel Penelitian.....	54
3.3.3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	55
3.4. Identifikasi Variabel Penelitian.....	55
3.5. Definisi Operasional.....	56
3.6. Instrumen Penelitian.....	57
3.7. Cara Kerja Penelitian	57
3.8. Pengolahan dan Analisis Data.....	58
3.8.1. Pengolahan Data	58
3.8.2. Analisis Data	59
3.9. Etika Penelitian	59
3.10. Alur Penelitian.....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1. Hasil Penelitian	61
4.1.1. Gambaran Umum Penelitian	61
4.1.2. Analisis Univariat	61
4.1.3. Analisis Bivariat.....	64
4.2. Pembahasan.....	66
4.2.1. Analisis Univariat	66
4.2.2. Analisis Bivariat.....	69
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1. Simpulan.....	74
5.2. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Batas ambang IMT berdasarkan WHO	19
2. Batas ambang IMT Nasional.....	19
3. Batas normal lingkaran perut di Indonesia	21
4. Rentang nilai APE.....	50
5. Definisi operasional	56
6. Rentang nilai APE.....	58
7. Distribusi Obesitas Berdasarkan Usia.....	62
8. Distribusi Obesitas Berdasarkan Jenis Kelamin	62
9. Karakteristik Obesitas Sentral.....	63
10. Distribusi Obesitas Sentral Berdasarkan Obesitas	63
11. Karakteristik Nilai Arus Puncak Ekspirasi	63
12. Hubungan Obesitas dengan Nilai APE	64
13. Hubungan Obesitas Sentral dengan Nilai APE.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Risiko obesitas pada kelainan kronis	16
2. Patofisiologi Obesitas	18
3. Ilustrasi fisik kaliper.....	21
4. Tumpeng Gizi Seimbang.....	23
5. Anatomi sistem respirasi	28
6. Gambaran anterior dari sinus paranasal	29
7. Gambaran lateral struktur saluran hidung	29
8. Tampak bagian midsagital lateral kepala dan leher	30
9. <i>Tracheobronchial tree</i>	32
10. Ilustrasi Topografi Paru-Paru Tampak Anterior dan Posterior	33
11. Ilustrasi Otot Pernapasan Utama.....	36
12. Keadaan otot pernapasan saat inspirasi.....	39
13. Keadaan otot pernapasan saat ekspirasi	39
14. Tabel nilai normal APE.....	50
15. Cara mengukur nilai APE	51
16. Kerangka teori.....	51
17. Kerangka konsep.....	52
18. Alur Penelitian	60
19. Distribusi Lemak pada Tubuh secara Viseral dan Subkutan	70

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar *Informed Consent*
- Lampiran 2. Lembar Persetujuan Mengikuti Penelitian
- Lampiran 3. Surat Pernyataan *Ethical Clearance* Penelitian
- Lampiran 4. Surat Izin Penelitian
- Lampiran 5. Dokumentasi Pengambilan Data
- Lampiran 6. Hasil Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Obesitas adalah masalah kesehatan global terbesar dan bagi tenaga kesehatan termasuk kesulitan utama pada bidang kesehatan (Ferreira *et al.*, 2014). Obesitas adalah akumulasi triasilgliserol yang berlebihan di jaringan lemak. Ini terjadi karena konsumsi energi yang lebih besar daripada penggunaannya, akan berdampak pada sebagian besar sistem tubuh. Menurut *World Health Organization* (WHO), obesitas dialami oleh lebih dari 1 miliar orang pada tahun 2022. Angka ini cenderung meningkat terus, dengan 650 juta orang dewasa, 340 juta remaja, dan 39 juta anak-anak (*World Health Organization*, 2022).

Kondisi ini pasti akan berdampak pada ekonomi dan kesehatan masyarakat. Untuk mengatasi penyakit penyerta dari obesitas, negara menghabiskan sekitar 2-7% dari pengeluaran kesehatan total. Berdasarkan pernyataan yang dilaporkan *Asia Roundtable on Food Innovation for Improved Nutrition* (AROFIIN), produktivitas tenaga kerja yang merupakan penderita obesitas turun hingga di angka 18% (Hanum Rashid, 2017). Di masa yang akan datang pada tahun 2025, WHO memperkirakan kurang lebih 167 juta orang akan mengalami kualitas hidup yang buruk karena obesitas (*World Health Organization*, 2022).

Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas), proporsi orang Indonesia yang memiliki berat badan lebih dan obesitas (usia >18 tahun) meningkat dari tahun 2007–2018. Pada kategori obesitas meningkat 47,3%, dengan prevalensi 21,8% pada tahun 2018 dan kategori berat badan lebih

meningkat 18,3%, dengan prevalensi 13,6% pada tahun 2018 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018).

Data Riskesdas terbaru di Provinsi Bandar Lampung pada tahun 2018 menunjukkan bahwa status gizi pada orang dewasa berusia lebih dari 18 tahun berdasarkan kategori IMT, menunjukkan bahwa sekitar 17,31%, dengan 95% *confidence level* (CL) adalah 16,62%–18,01% dari 19.887 orang, memiliki status gizi obesitas. Prevalensi status gizi obesitas pada penduduk dewasa tertinggi adalah Kota Metro (21%, dengan 95% *confidence level* (CL) adalah 18,89% – 24,57%), diikuti Kota Bandar Lampung (20,06%, dengan 95% *confidence level* (CL) adalah 18,13%–22,14%), lalu Kabupaten Lampung Timur (19,88%, dengan 95% *confidence level* (CL) adalah 17,75%–22,19%) (Riset Kesehatan Dasar, 2019).

Dalam menilai obesitas, indeks massa tubuh (IMT) digunakan untuk menilai status gizi, pertumbuhan, serta risiko penyakit seperti penyakit jantung, diabetes tipe 2 dan gangguan pernapasan. Status gizi seseorang berhubungan erat dengan kesehatan bagian organ dalam seperti kesehatan paru-paru dan fungsi pernapasan. Parameter fisiologi sistem pernapasan termasuk complians, resistensi, pengukuran spirometri, volume paru-paru, hiperaktivitas bronkial, kekuatan neuromuskular, fungsi mekanik saluran napas atas, pertukaran gas dan kapasitas difusi dipengaruhi oleh obesitas. Hasil perhitungan IMT akan menunjukkan, status gizi seseorang. Status gizi tidak hanya berkaitan dengan distribusi lemak atau massa otot yang ada namun, nutrisi yang terkandung di dalam tubuh itu sendiri (Lin dan Lin, 2012).

Obesitas menyebabkan perubahan langsung pada volume paru-paru dan rasa puas diri serta menyebabkan perubahan rasio ventilasi dan perfusi, retensi karbondioksida (CO₂), peningkatan resistensi terhadap aliran udara dan peningkatan laju pernapasan, yang mengakibatkan keterbatasan

ventilasi (Campos *et al.*, 2018). Sehingga peningkatan massa tubuh pada individu yang mengalami obesitas dapat menyebabkan perubahan dalam kapasitas paru-paru dan ventilasi. Tekanan yang lebih tinggi pada diafragma karena adanya lemak berlebih di dada dan perut dapat mengurangi ruang pernapasan, sehingga paru-paru mungkin tidak dapat mengisi udara secara optimal. Hal ini berkontribusi pada penurunan kapasitas paru-paru. Salah satu alat *monitoring* pada penyakit pernapasan adalah dengan menilai arus puncak ekspirasi (APE) (Campos *et al.*, 2018).

Salah satu jenis tes fungsi pernapasan adalah nilai Arus Puncak Ekspirasi (APE), yang umum digunakan untuk menilai fungsi paru dan status kesehatan pada pasien penyakit paru obstruktif kronik (PPOK). Tes APE digunakan juga untuk mengevaluasi fungsi pernapasan atas dalam bidang telinga hidung, tenggorokan, kepala, dan leher (THT-KL). Pemeriksaan ini berfokus pada kecepatan udara saat ekspirasi dan setelah inspirasi maksimal. Tes ini dapat memberikan informasi penting tentang gangguan pernapasan atas, seperti obstruksi saluran napas atau masalah di tenggorokan (Cen dan Weng, 2022).

Di bidang pulmonologi, tes APE juga menjadi bagian penting dari penilaian fungsi paru-paru secara keseluruhan. Tes ini dapat membantu dalam pengawasan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), asma dan masalah pernapasan lainnya yang memengaruhi saluran pernapasan bawah (Cen dan Weng, 2022; Goswami *et al.*, 2014).

Tes APE dilakukan menggunakan perangkat khusus yang disebut *peak flow meter*. Pada tes ini, seseorang diminta untuk mengambil napas sedalam mungkin, lalu mengeluarkan napas dengan sekuat tenaga selama hitungan detik ke dalam *peak flow meter*. Data yang dihasilkan dari tes ini akan memberikan informasi tentang kapasitas vital, aliran udara maksimum, dan fungsi pernapasan lainnya yang penting untuk evaluasi kesehatan pernapasan dan dinyatakan dalam liter/menit (Goswami *et al.*, 2014).

Berdasarkan beberapa penelitian, menunjukkan bahwa terdapat adanya hubungan bermakna antara kejadian obesitas dengan nilai APE. Berikut beberapa penelitian yang mendukung pernyataan tersebut, penelitian oleh Jena, Mirdha, Meher dan Misra (2017), menunjukkan bahwa nilai APE menurun seiring dengan peningkatan IMT, penelitian oleh Wijaya (2018), menunjukkan bahwa semakin tinggi IMT, maka semakin rendah nilai APE, penelitian oleh Ariningsih, Winaya dan Sutadarma (2018), menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai IMT dengan kategori obesitas pada anak, maka nilai APE akan menurun, penelitian oleh Putra, Salimo dan Andarini (2019), menunjukkan semakin tinggi nilai antropometri (berat badan, IMT dan lingkar perut), maka nilai APE semakin rendah, penelitian oleh Pavana dan Shree (2020), menunjukkan bahwa terjadi penurunan volume paru-paru seiring dengan peningkatan IMT, penelitian oleh Moreira, Riberio, Carvalho, Mira dan Freitas (2021), menunjukkan orang yang mengalami obesitas memiliki nilai APE yang lebih rendah dan penelitian oleh Udomittipong, dkk (2021), menunjukkan adanya korelasi negatif antara pengukuran IMT tergolong obesitas dengan nilai APE pada mahasiswi (Jena *et al.*, 2017; Wijaya, 2018; Ariningsih *et al.*, 2018; Putra *et al.*, 2019; Pavana dan Shree, 2020; Moreira *et al.*, 2021; Udomittipong *et al.*, 2021).

Namun, di beberapa penelitian terdapat ketidaksesuaian hasil dengan teori sehingga menunjukkan hasil tidak bermakna antara kejadian obesitas dengan nilai APE. Berikut beberapa penelitian yang mendukung pernyataan tersebut, penelitian oleh Joshi dan Shah (2016), menunjukkan tidak adanya hubungan antara IMT yang tergolong obesitas dengan APE pada individu dengan usia 18-35 tahun, penelitian oleh Wahyu dan Mourisa (2017), menunjukkan tidak terdapat hubungan bermakna antara nilai APE dengan IMT yang tergolong obesitas, penelitian yang dilakukan oleh Husale, Diwate dan Das (2019), menunjukkan tidak ada pengaruh nilai APE pada siswa obesitas, penelitian oleh Ijaz, dkk (2020), menunjukkan tidak terdapat korelasi bermakna antara lingkar perut dan nilai APE, tetapi hanya pada orang dengan IMT normal dan tidak terdapat korelasi bermakna

antara nilai APE dengan IMT, tetapi hanya pada orang dengan berat badan kurang dan berat badan normal (Joshi dan Shah, 2016; Wahyu dan Mourisa, 2017; Husale *et al.*, 2019).

Beberapa studi sebelumnya telah menunjukkan tentang hubungan antara obesitas dan fungsi paru-paru pada populasi tertentu dan terlihat masih memiliki hasil yang tidak konsisten. Hal tersebut membuat peneliti ingin mengetahui bagaimana hubungan obesitas dengan nilai APE pada mahasiswa program pendidikan dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. Di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, belum ada penelitian khusus yang menyelidiki hubungan ini sebelumnya. Selain itu, subjek pada penelitian ini merupakan kelompok populasi yang penting untuk dikaji karena tingginya tekanan akademik dan berbagai tingkat stres yang mungkin berdampak pada kesehatan paru-paru. Dan populasi ini juga mungkin memiliki gaya hidup yang berbeda pada penelitian di atas, seperti pola makan, olahraga, dan tingkat stres yang dapat berpengaruh pada kejadian obesitas (Fiskasari, 2019; Fincham *et al.*, 2023).

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hubungan obesitas pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nilai APE. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang komponen yang memengaruhi fungsi paru-paru pada populasi mahasiswa kedokteran dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan intervensi atau program kesehatan yang lebih efektif di lingkungan kampus.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Apakah terdapat hubungan obesitas dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung ?
2. Apakah terdapat hubungan obesitas sentral dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan obesitas dan obesitas sentral dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui distribusi kejadian obesitas pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung berdasarkan usia.
2. Mengetahui distribusi kejadian obesitas pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung berdasarkan jenis kelamin.
3. Mengetahui distribusi kejadian obesitas pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung berdasarkan obesitas sentral.
4. Mengetahui distribusi nilai arus puncak ekspirasi (APE) mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Bagi Peneliti

Manfaat penelitian bagi peneliti adalah wujud pengaplikasian ilmu pengetahuan yang telah dipelajari dan mengembangkan pengetahuan peneliti terutama mengenai hubungan antara obesitas dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) dan menggabungkan pengalaman peneliti dalam melakukan penelitian kedokteran serta temuan penelitian ini sebagai tugas akhir yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana kedokteran.

1.4.2. Bagi Ilmu Pengetahuan

Manfaat penelitian ini bagi ilmu pengetahuan adalah guna memberikan penjelasan serta bukti hubungan antara obesitas dan nilai arus puncak ekspirasi (APE), sehingga dapat dilakukan pencegahan terjadinya penurunan kualitas fungsi paru terutama pada pemeriksaan nilai arus puncak ekspirasi (APE) dan dalam penatalaksanaannya dapat mempertimbangkan pengaruh dari faktor risiko.

1.4.3. Bagi Masyarakat

Manfaat penelitian bagi masyarakat adalah melakukan evaluasi fungsi organ dan saluran sistem pernapasan dengan kejadian obesitas dengan pemeriksaan nilai arus puncak ekspirasi (APE) serta menambah edukasi tentang pentingnya menjaga dan memperbaiki status gizi guna mencegah penyakit gangguan fungsi paru-paru.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Obesitas

2.1.1. Definisi

Obesitas berarti penimbunan adiposit yang berlebihan di dalam tubuh dikarenakan konsumsi jumlah makanan lebih besar daripada penggunaannya pada saat beraktivitas sehari-hari sebagai energi. Komposisi makanan seperti lemak, karbohidrat dan protein berlebihan akan disimpan sebagai lemak di jaringan adiposa, yang kemudian dimanfaatkan sebagai sumber tenaga (Hall, 2019). *World Health Organization (WHO)* menyatakan bahwa, obesitas adalah kondisi medis seseorang dengan kelebihan lemak tubuh yang cukup besar sehingga dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan. Pengukuran obesitas sering kali menggunakan indeks massa tubuh (*World Health Organization, 2021*).

2.1.2. Epidemiologi

Obesitas adalah masalah kesehatan global terbesar dan bagi tenaga kesehatan termasuk kesulitan utama pada bidang kesehatan. Obesitas adalah akumulasi triasilgliserol yang berlebihan di jaringan lemak. Menurut *World Health Organization (WHO)* tahun 2022, obesitas dialami oleh lebih dari satu miliar orang. Angka ini meningkat terus, dengan 650 juta orang dewasa, 340 juta orang remaja, dan 39 juta orang anak-anak (*World Health Organization, 2022*).

Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas), dari tahun 2007–2018, sebagian besar orang dewasa di Indonesia dengan berat badan lebih dari normal dan obesitas, tampak semakin meningkat. Pada kategori obesitas meningkat 47,3%, dengan prevalensi 21,8% dan kategori berat badan lebih meningkat 18,3%, dengan prevalensi 13,6% di tahun 2018 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018).

Data Riskesdas terbaru di Provinsi Bandar Lampung pada tahun 2018 menunjukkan populasi dewasa berusia (>18 tahun) memiliki status gizi berdasarkan kategori IMT, menunjukkan bahwa sekitar 17,31%, dengan 95% *confidence level* (CL) adalah 16,62%–18,01% dari 19.887 orang, memiliki status gizi obesitas. Kabupaten/kota di Provinsi Lampung dengan prevalensi status gizi obesitas pada penduduk dewasa tertinggi adalah Kota Metro (21%, dengan 95%CL adalah 18,89% – 24,57%), diikuti Kota Bandar Lampung (20,06%, dengan 95%CL adalah 18,13%–22,14%), lalu Kabupaten Lampung Timur (19,88%, dengan 95%CL adalah 17,75%–22,19%) (Riset Kesehatan Dasar, 2019).

2.1.3. Faktor Resiko

Faktor risiko obesitas dapat diklasifikasikan menjadi faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi dan faktor risiko yang dapat dimodifikasi.

1. Faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi

Faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi seperti sifat yang ditentukan secara genetik (misalnya usia dan jenis kelamin) dan faktor herediter tidak mudah dimodifikasi (Hu *et al.*, 2018).

a. Gen

Secara fisiologis, kelainan pada satu atau lebih jaras yang mengatur pencernaan, penyimpanan lemak dan penggunaan

energi dapat diakibatkan oleh mutasi gen seperti mutasi MCR-4. Mutasi MCR-4 dapat menyebabkan monogenik (gen tunggal) dan obesitas. Selain itu, terdapat pula penyebab obesitas, yaitu defisiensi leptin kongenital yang disebabkan oleh mutasi gen yang jarang terjadi dan mutasi reseptor leptin (Hall, 2019). Beberapa penelitian menemukan bahwa IMT 25-40% dapat diwariskan (Sahoo *et al.*, 2015). Peluang faktor keturunan terkena obesitas sebesar 40-50% jika salah satu orang tuanya adalah obesitas, apabila yang terkena obesitas kedua orang tua, peluang naik menjadi 70-80% pada keturunannya (Direktorat Pengendalian Penyakit Tidak Menular, 2015). Faktor genetik hanya menyumbang kurang dari 5% kasus obesitas pada masa anak-anak setiap tahunnya. Oleh karena itu, meskipun genetika bisa berperan dalam perkembangan obesitas, itu bukan penyebab utama peningkatan obesitas pada masa anak-anak (Sahoo *et al.*, 2015).

b. Usia

Basal metabolic rate (BMR) adalah tingkat metabolisme energi harian seseorang yang perlu dipertahankan untuk menjaga integritas vital fungsi. Pada orang normal, jumlah energi dari makanan yang dikonsumsi harus menyeimbangi tuntutan metabolisme basal ditambah dengan jumlah tambahan energi yang diperlukan untuk aktivitas fisik yang berhubungan dengan esensial kebutuhan tubuh, dan juga kebutuhan fisik pekerjaan yang terlibat dalam pekerjaan (Henry, 2015). Ketidakseimbangan *intake* dan *output* energi yang terjadi pada obesitas mengakibatkan terjadinya gangguan kesehatan. Pada umur 25 tahun ke atas, seseorang mengalami penurunan metabolisme sel tubuh sebesar 4% setiap 10 tahunnya, sehingga kebutuhan kalori cenderung

turun untuk mempertahankan berat tubuh. Hal ini pula berkaitan dengan *basal metabolic rate* yang semakin rendah pada lansia sehingga dapat memberi dampak pada penurunan nafsu makan, akibat rasa kenyang yang menetap lebih lama, sehingga asupan makanannya semakin sedikit (Saraswati *et al.*, 2021).

Obesitas sentral dapat terjadi akibat penumpukan lemak yang lebih banyak pada bagian abdominal, terutama pada lansia yang disebabkan karena berkurangnya aktivitas fisik dan perubahan hormonal. Seiring dengan penuaan, massa tubuh tanpa lemak (*lean body mass*) akan menurun, dalam artian berat badan menurun namun terjadi peningkatan lemak tubuh akibat kurangnya aktivitas fisik (Saraswati *et al.*, 2021).

c. Jenis Kelamin

Wanita cenderung lebih banyak menderita obesitas dibandingkan pria, hal ini dikarenakan BMR wanita lebih rendah daripada pria. BMR wanita 10% lebih rendah daripada pria dalam keadaan istirahat. Oleh karena itu, pengolahan *intake* kalori wanita lebih banyak diubah menjadi lemak daripada pria yang lebih banyak diubah menjadi otot dan cadangan energi siap pakai (Saraswati *et al.*, 2021).

2. Faktor resiko yang dapat dimodifikasi

a. Pola hidup

Penyebab utama terjadinya obesitas adalah pola hidup yang pasif dan cenderung tidak sehat. Aktivitas fisik dan pembatasan perilaku pasif sangat penting untuk menjaga pertumbuhan normal dan mencegah obesitas. Perilaku pasif

yang dimaksud, seperti terlalu banyak *screen time*, termasuk menonton televisi dan belajar di depan komputer. Durasi menggunakan komputer selama 3 jam atau lebih per hari berhubungan dengan terjadinya obesitas. Tidak hanya aktivitas yang berkaitan dengan *screen time*, kurang tidur dikaitkan dengan prevalensi obesitas juga (Hu *et al.*, 2018).

Pola hidup yang pasif dan cenderung tidak sehat yang telah disebutkan di atas, memungkinkan seseorang memiliki lebih sedikit waktu untuk beraktivitas fisik dan cenderung mengonsumsi makanan berlebihan saat melakukan perilaku pasif, yang semuanya menyebabkan kelebihan energi dan kegemukan (Hu *et al.*, 2018). Peningkatan massa otot pada obesitas serta pengurangan massa lemak tubuh dapat dilakukan secara teratur dengan aktivitas dan latihan fisik. Dan sebaliknya peningkatan adipositas akan terus menerus terjadi, jika tidak dilakukan aktivitas fisik dan olahraga yang adekuat dan teratur (Hall, 2019).

b. Pola makan

Peningkatan aktivitas fisik yang adekuat namun tetap mengonsumsi lebih banyak *junk food* atau minuman manis tidak memberikan kompensasi yang besar terhadap penurunan angka obesitas. Manfaat aktivitas fisik dalam menurunkan obesitas hanya dapat terwujud apabila diimbangi dengan penerapan kebiasaan makan yang sehat juga. Oleh karena itu, kombinasikan asupan kalori dengan asupan fisik secara tepat (Hu *et al.*, 2018; Hall, 2019).

Dalam penelitian Hu, Ramachandran, Bhattacharya dan Nunna (2018), responden yang tidak mengonsumsi susu selama 7 hari sebelum penelitian menunjukkan hubungan

negatif dengan mengalami obesitas. Dengan mengonsumsi susu, khususnya susu murni atau susu yang mengandung lemak jenuh dalam jumlah tinggi, dapat menyebabkan obesitas pada masa anak-anak dan remaja, karena susu tersebut mengandung lebih banyak kalori dibandingkan susu rendah lemak atau bebas lemak. Konsumsi minuman olahraga dan alkohol, juga menunjukkan hubungan negatif dengan kejadian obesitas pada penelitian tersebut (Hu *et al.*, 2018).

c. Faktor lingkungan, sosial dan psikologi

Masyarakat cenderung memanfaatkan makanan sebagai bentuk apresiasi atau *reward* dan sebagai bagian dari sosialisasi. Status makanan sebagai salah satu sarana bersosial budaya ini, dapat mendorong naiknya angka kejadian obesitas atau penyakit tidak menular lainnya di tengah masyarakat (Sahoo *et al.*, 2015).

Dalam hal psikologi sebagian besar penelitian menemukan hubungan perspektif antara gangguan makan dan psikologi. Namun, hubungan ini berbeda dari penelitian lain yang menunjukkan bahwa depresi dapat menjadi penyebab dan akibat dari obesitas. Dalam sampel klinis remaja yang dilakukan oleh Sahoo, dkk (2015), menyatakan remaja yang mengalami obesitas memiliki angka prevalensi gangguan kecemasan seumur hidup yang lebih tinggi dibandingkan untuk remaja yang non-obesitas (Sahoo *et al.*, 2015).

Faktor lingkungan keluarga juga dikaitkan dengan peningkatan kasus obesitas. Jenis makanan yang biasa tersedia di rumah dan preferensi makanan setiap anggota keluarga dapat memengaruhi makanan yang dimakan

anggota keluarga lainnya. Selain itu, waktu makan, jenis makanan yang dikonsumsi dan jumlahnya dapat saling memengaruhi perilaku makan setiap anggota keluarga. Dan kebiasaan yang dibentuk dalam keluarga seperti perilaku pasif atau aktif secara fisik, memengaruhi perilaku anggota keluarga lainnya (Sahoo *et al.*, 2015).

2.1.4. Klasifikasi

1. Berdasarkan etiologi

a. Obesitas primer

Obesitas yang disebabkan oleh asupan makan yang berlebih dibandingkan dengan kebutuhan energi yang dibutuhkan (Sudargo, 2014).

b. Obesitas sekunder

Obesitas yang disebabkan oleh penyakit atau kelainan kongenital yang memengaruhi terjadinya obesitas, seperti *mielodisplasia* dan sindrom *Cushing* (Sudargo, 2014).

2. Berdasarkan patogenesis

a. Obesitas regulator

Obesitas akibat adanya gangguan pada pusat pengaturan *intake* makanan. Tubuh manusia memiliki kendali homeostasis terhadap berat badan dengan menyeimbangkan asupan makanan dan pengeluaran energi. Mekanisme pengaturan berat badan dan nafsu makan di pusat dan perifer dengan mengidentifikasi jalur saraf dan hormon yang disekresikan oleh usus dan adiposit. Ketidakseimbangan hormonal, seperti perubahan dalam leptin dan ghrelin yang mengatur rasa lapar, juga dapat menyebabkan nafsu makan berlebihan. Jalur saraf termasuk sistem hipotalamus, batang otak dan kortiko-limbik menentukan regulasi berat badan dan nafsu makan (Sudargo, 2014; Parmar dan Can, 2022).

b. Obesitas metabolik

Obesitas akibat adanya kelainan metabolisme karbohidrat dan lemak. Salah satu faktor utama adalah resistensi insulin, ketika sel-sel tubuh kehilangan sensitivitas terhadap insulin, hormon yang mengatur penyerapan glukosa. Hal ini memicu peningkatan kadar gula darah dan merangsang produksi insulin yang berlebihan. Hiperinsulinemia, peningkatan insulin dalam darah, dapat mengarah pada penumpukan lemak, terutama di area perut. Selain itu, kelainan metabolisme lemak, seperti peradangan dan resistensi insulin yang terkait, menciptakan kondisi yang mendukung akumulasi lemak (Sudargo, 2014; Hall, 2019).

3. Berdasarkan distribusi lemak dalam tubuh

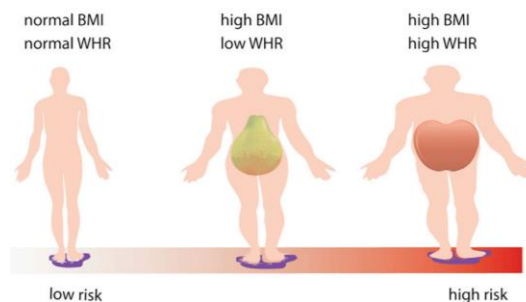
Indeks massa tubuh (IMT) digunakan untuk menilai tingkat obesitas umum, sedangkan rasio pinggang-pinggul digunakan sebagai parameter obesitas sentral (obesitas berbentuk apel atau pir) (Fu *et al.*, 2015).

a. Obesitas tipe buah pir

Obesitas dengan penumpukan lemak berlebihan yang cenderung merata diseluruh tubuh dan memiliki resiko terkena komplikasi yang lebih rendah dari obesitas sentralis (obesitas tipe apel) (Fu *et al.*, 2015).

b. Obesitas tipe buah apel

Obesitas dengan penumpukan lemak berlebihan dan penumpukan lemak intraabdomen (obesitas sentral) dan memiliki resiko yang lebih tinggi terkena komplikasi (Fu *et al.*, 2015).



Sumber : (Fu et al., 2015)

Gambar 1. Risiko obesitas pada kelainan kronis

2.1.5. Patofisiologi

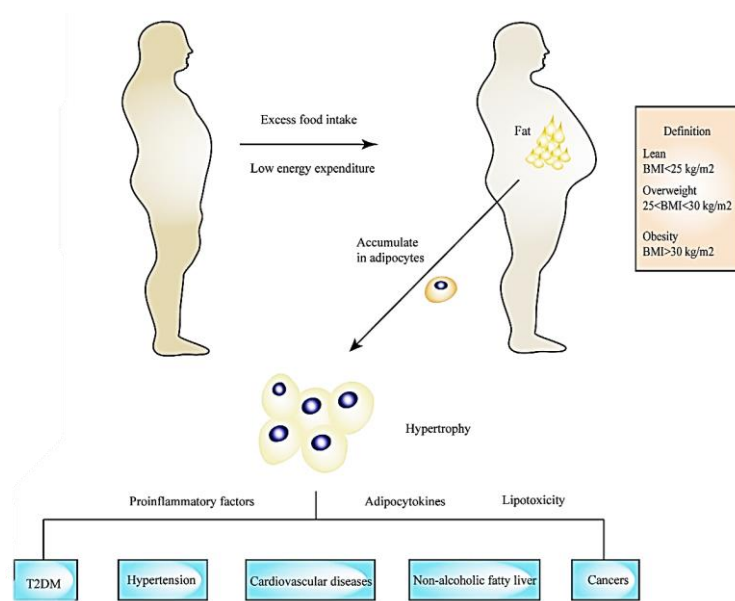
Obesitas berkembang dari ketidakseimbangan antara asupan kalori dan pengeluaran energi. Ketika asupan energi lebih dari yang dibutuhkan, maka akan disimpan sebagai lemak dan glikogen di *subcutaneous adipose tissue* (SAT) dan organ tubuh. Jaringan adiposa (*adipose tissue*) terdiri dari tempat penyimpanan yang berbeda secara fungsional. *White adipose tissue* (WAT) merupakan endokrin aktif dan merupakan organ penyimpan lipid yang utama, sedangkan *brown adipose tissue* (BAT) menghasilkan panas pada rangsangan β -adrenergik atau paparan dingin, proses ini dikenal sebagai termogenesis adaptif. Pada manusia, jaringan adiposa putih dapat diklasifikasikan menjadi dua tempat penyimpanan utama, yaitu *visceral WAT* (VAT) dan SAT. *Brown adipose tissue* hanya mewakili 1%-2% lemak, namun sangat penting dalam menjaga homeostasis dan menunjukkan efek baik pada glukosa darah. Seseorang yang kelebihan berat badan atau obesitas memiliki hubungan dengan keadaan inflamasi kronis tingkat rendah, yang berhubungan dengan peningkatan infiltrasi ke dalam jaringan adiposa dari sirkulasi oleh makrofag M1 (Jin *et al.*, 2023).

Makrofag ini dapat direkrut ke jaringan adiposa dan akan mengeluarkan sitokin inflamasi (seperti TNF- α , IL-6, IL-8). Seiring dengan sitokin proinflamasi, sitokin antiinflamasi (seperti IL-4, IL-10, IL-13, IL-19) disekresi dari adipositas. Namun, kelimpahan dan

sekresinya tampak menurun seiring dengan bertambah berat badan karena obesitas secara definitif menginduksi keseimbangan untuk meningkatkan produksi adipokin yang lebih pro-inflamasi. Jaringan adiposa juga mengeluarkan adipokin (leptin, adiponektin, visfatin dan resistin) dan *extracellular matrix* (ECM) untuk mengatur jalur terkait. Akumulasi lemak berlebih menyebabkan hiperplasia dan hipertrofi jaringan adiposa (Jin *et al.*, 2023).

Leptin, salah satu adipokin yang paling melimpah dengan sifat proinflamasi dan meningkat seiring dengan faktor lain, seperti *hepatocyte growth factor* (HGF), *plasminogen activator inhibitor-1* (PAI-1), resistin, TNF- α , IL-1 β , IL-6, dan *monocyte-chemoattractant protein-1* (MCP-1), sedangkan produksi adiponektin menurun. Sitokin inflamasi yang dilepaskan oleh jaringan adiposa berkontribusi terhadap perkembangan sindrom metabolik yang dikenal sebagai kelainan metabolik akibat obesitas yang melibatkan intoleransi glukosa, resistensi insulin, obesitas sentral, dislipidemia, hipertensi, dan semua faktor risiko penyakit kardiovaskuler dan peningkatan risiko untuk beberapa jenis kanker. Peningkatan *free fatty acid* (FFA) dalam serum individu yang mengalami obesitas meningkatkan ekspresi *vascular endothelial growth factor* (VEGF-A) dan vimentin dengan meningkatkan regulasi *peroxisome proliferator activated receptor- γ* (PPAR- γ), yang terlibat dalam pertumbuhan tumor dan inisiasi tumor melalui mekanisme intrinsik dan ekstrinsik sel, mengakibatkan resistensi insulin dan steatosis di hati. Ekspresi TNF- α dan leptin yang berlebihan dapat menghambat aktivasi reseptor insulin dan menginduksi resistensi insulin pada otot, hati, sel α -islet dan jaringan adiposa, yang pada akhirnya menyebabkan diabetes melitus tipe 2.

Selain itu, obesitas dapat menyebabkan penumpukan lipid pada jaringan non-adiposa, seperti hati, otot, pankreas, jaringan epikardial dan perivaskular, di antaranya penumpukan lipid pada jaringan adiposa epikardial dan jaringan adiposa perivaskular menyebabkan hipoksia dan disfungsi infiltrasi jaringan dan makrofag, menyebabkan peningkatan faktor inflamasi yang terkait dengan penyakit kardiovaskuler (Jin *et al.*, 2023).



Sumber : (Jin *et al.*, 2023)

Gambar 2. Patofisiologi Obesitas

2.1.6. Diagnosis

Diagnosis obesitas ditegakkan melalui penilaian status gizi secara langsung dengan antropometri. Antropometri merupakan pengukuran variasi dimensi dan komposisi kasar tubuh berdasarkan usia dan derajat gizi. Dalam antropometri, ukuran, proporsi, dan komposisi tubuh manusia diukur (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020). Metode antropometri yang digunakan untuk mendiagnosis obesitas pada seseorang, yaitu indeks massa tubuh (IMT), tebal lemak di bawah kulit (*skinfold thickness*) dan obesitas sentral.

1. Indeks massa tubuh (IMT)

Indeks massa tubuh (IMT) dihitung dengan menggabungkan berat badan dan tinggi badan, digunakan untuk mengklasifikasikan berat badan dan mengevaluasi kesehatan seseorang (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014). Untuk mengetahui nilai IMT, dapat dihitung dengan rumus berikut (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014) :

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat Badan (kg)}}{(\text{Tinggi Badan (m)})^2}$$

Dengan pembagian IMT oleh WHO, sebagai berikut :

Tabel 1. Batas ambang IMT berdasarkan WHO

Kategori	IMT (kg/m ²)
<i>Underweight</i>	<18,5
<i>Normal range</i>	18,5 – 24,9
<i>Overweight</i>	25 – 29,9
<i>Obese, Class I</i>	>30 – 34,9
<i>Obese, Class II</i>	35-39,9
<i>Obese, Class III</i>	>40

Sumber : (World Health Organization, 2021)

Sedangkan, batas ambang IMT nasional sebagai berikut :

Tabel 2. Batas ambang IMT Nasional

Kategori	Keterangan	IMT(kg/m ²)
Sangat Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	<17,0
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17 – <18,5
Normal		18,5 – 25,0
Gemuk (<i>overweight</i>)	Kelebihan berat badan tingkat ringan	>25,0 – 27,0
<i>Obese</i>	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27,0

Sumber : (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014)

Jika seseorang termasuk kategori:

- a. IMT < 17, orang tersebut disebut kehilangan energi kronis (KEK) berat.
- b. IMT 17 - <18,5, orang tersebut disebut KEK ringan.

Orang yang termasuk dua kategori di atas selayaknya

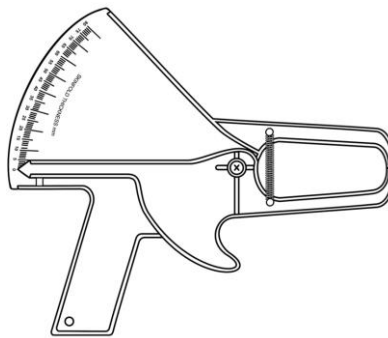
mendapat perhatian untuk segera menaikkan berat badannya.

- c. IMT 18,5-25, orang tersebut masuk dalam kategori normal.
- d. IMT >25-27, orang tersebut masuk dalam kategori *overweight* atau kelebihan berat badan ringan.
- e. IMT > 27, orang tersebut masuk dalam kategori *obese* dengan kelebihan berat badan tingkat berat (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014).

2. Tebal Lemak di Bawah Kulit

Pengukuran ini dapat digunakan untuk mengukur beberapa bagian tubuh, seperti tulang belikat, tengah garis ketiak, sisi dada, perut, paha, tempurung lutut, dan pertengahan tungkai bawah, serta lengan atas, lengan bawah, dan tulang belikat (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2022). Pengukuran tebal lemak di bawah kulit diukur dengan alat disebut kaliper. Kaliper terkalibrasi sehingga memiliki tekanan konstan sebesar $10\text{g}/\text{mm}^2$. Pengukuran ini menggunakan asumsi, yaitu ketebalan *subcutaneous adipose tissue* (SAT) mencerminkan proporsi yang konstan dari lemak tubuh total dan bagian tubuh yang diukur mewakili pengukuran ketebalan rata-rata *subcutaneous adipose tissue* (SAT) (Cintra-Andrade *et al.*, 2023).

Cara melakukan pengukuran dengan mengambil lipatan kulit dan lemak menggunakan jari telunjuk dan ibu jari. Lalu menarik lipatan kulit agar terpisah dari otot dibawahnya secara hati-hati menggunakan kaliper untuk mengukur tebal lipatan kulit. Namun, dikarenakan banyaknya bagian yang dapat diukur maka penilaian antropometri tebal lemak cenderung sulit untuk dilakukan dan beberapa terdapat pada bagian sensitif pada sebagian orang (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2022).



Sumber : (Cintra-Andrade *et al.*, 2023)

Gambar 3. Ilustrasi fisik kaliper

3. Obesitas Sentral

Cara untuk menentukan seseorang adalah obesitas sentral adalah dengan mengukur lingkar perut. Lingkar perut merupakan metode sederhana untuk menjelaskan distribusi penimbunan lemak dibawah kulit dan jaringan adiposa intraabdomen. Di Indonesia, penentuan obesitas sentral digunakan terkhususnya untuk mengevaluasi distribusi lemak di tubuh, namun tidak secara umum menentukan apakah seseorang termasuk dalam keadaan obesitas atau tidak dikarenakan hanya dilakukan pengukuran di bagian abdomen atau lingkar perut. Berbeda dengan IMT yang diukur dari tinggi badan dan berat badan seseorang. Pengukuran lingkar perut dilakukan untuk menentukan apakah seseorang mengidap obesitas sentral atau tidak (obesitas berbentuk apel atau pir) (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014).

Tabel 3. Batas normal lingkar perut di Indonesia

Jenis Kelamin	Batas Aman (cm)
Laki-laki	< 90
Perempuan	< 80

Sumber : (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018)

2.1.7. Tatalaksana

Perubahan gaya hidup merupakan langkah awal dalam pengobatan obesitas, seperti pengurangan asupan kalori dan peningkatan olahraga. Semakin sering dan teratur melakukan olahraga, maka obesitas semakin cepat diatasi dengan peningkatan penggunaan energi. Penurunan masukan energi yang berada dibawah nilai pengeluaran energi serta keseimbangan energi negatif sangat berpengaruh pada penatalaksanaan obesitas (Hall, 2019). *National Institute of Health* (NIH), menyarankan untuk mengurangi konsumsi kalori sebanyak 500kkal per hari untuk orang dengan berat badan berlebih atau obesitas derajat sedang (IMT 25 kg/m² atau IMT lebih dari 35 kg/m²) (Panuganti *et al.*, 2022; Hall, 2019).

Berdasarkan pedoman gizi seimbang yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2014, pola makan memengaruhi keadaan gizi. Hal ini disebabkan karena kuantitas dan kualitas makanan dan minuman yang dikonsumsi akan memengaruhi asupan gizi. Gizi baik membuat berat badan normal atau tidak obesitas, tubuh tidak mudah terkena penyakit infeksi, produktivitas kerja meningkat serta terlindung dari penyakit kronis dan kematian dini (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014).

Prinsip Gizi Seimbang terdiri dari 4 pilar yang pada dasarnya merupakan rangkaian upaya untuk menyeimbangkan antara zat gizi yang keluar dan zat gizi yang masuk dengan memantau berat badan secara teratur (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014).



Sumber : (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014)

Gambar 4. Tumpeng Gizi Seimbang

Gizi yang tidak optimal berkaitan dengan kesehatan yang buruk. Obesitas merupakan tingkatan status gizi yang tidak optimal di dalam pedoman ini, karena dapat menyebabkan penyakit komplikasi lebih lanjut. Berdasarkan Pedoman Gizi Seimbang, 2014 gizi yang tidak optimal meningkatkan risiko penyakit infeksi, dan penyakit tidak menular seperti penyakit kardiovaskular (penyakit jantung dan pembuluh darah, hipertensi dan stroke), diabetes serta kanker yang merupakan penyebab utama kematian di Indonesia (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014).

Intervensi komprehensif yang mempromosikan pola makan sehat, aktivitas fisik, pengurangan waktu layar, tidur yang cukup, dan tidak minum alkohol atau merokok harus diterapkan untuk mengurangi obesitas. Pihak kampus, keluarga, dan masyarakat harus berbagi tanggung jawab untuk membantu mempromosikan kesehatan gaya hidup dan mencegah obesitas pada pelajar mahasiswa (Sahoo *et al.*, 2015).

2.1.8. Komplikasi

Kelebihan adipositas yang menjadi ciri dari obesitas dapat menyebabkan komplikasi melalui efek anatomis dan metabolik.

1. Penyakit Kardiovaskular:

a. Aterosklerosis

Ketika plak menempel pada dinding arteri, itu disebut aterosklerosis. Kadar lemak dalam darah, terutama trigliserida dan kolesterol LDL, dapat meningkat karena obesitas, yang dapat menyebabkan plak aterosklerotik terakumulasi di dinding arteri. Plak ini dapat mencegah aliran darah mengalir melalui arteri, menyebabkan arteri menyempit, meningkatkan risiko stroke dan penyakit jantung koroner (*World Health Organization*, 2021; Hall, 2019).

b. *Coronary heart disease* (CHD)

Coronary heart disease (CHD) terjadi ketika pasokan darah ke otot jantung terhalang akibat penyempitan atau penyumbatan arteri koroner. Obesitas meningkatkan risiko terjadinya aterosklerosis pada arteri koroner, yang pada gilirannya meningkatkan risiko CHD. Selain itu, obesitas juga dapat menyebabkan hipertensi, resistensi insulin, dan peradangan, yang semuanya dapat memengaruhi fungsi otot jantung (*World Health Organization*, 2021; Hall, 2019).

c. *Stroke*

Stroke terjadi akibat pembuluh darah di otak tersumbat atau pecah. Obesitas dapat mengakibatkan peradangan sistemik, gangguan fungsi endotel, dan perubahan dalam aliran darah yang dapat berkontribusi pada pembentukan bekuan darah dan meningkatkan risiko *stroke* (*World Health Organization*, 2021; Hall, 2019).

d. Hipertensi

Obesitas berhubungan dengan peningkatan produksi hormon dan peptida adiposit yang berkontribusi pada tekanan darah yang lebih tinggi. Hipertensi yang tidak terkontrol dapat menyebabkan stres pada dinding arteri dan memperburuk kondisi aterosklerosis, serta meningkatkan risiko penyakit jantung dan stroke (*World Health Organization, 2021; Hall, 2019*).

2. Diabetes Tipe 2

Dalam kasus obesitas, sel-sel tubuh menjadi kurang responsif terhadap hormon yang membantu mengatur gula darah, insulin. Akibatnya, tubuh harus memproduksi lebih banyak insulin untuk mencoba mengendalikan gula darah, namun seiring waktu, pankreas dapat menjadi tidak mampu memproduksi insulin yang cukup. Selain itu, obesitas juga berhubungan dengan peradangan kronis yang mengganggu regulasi gula darah. Kombinasi dari resistensi insulin dan gangguan dalam regulasi gula darah. Hal ini meningkatkan kadar gula darah. (*World Obesity Federation, 2017; Hall, 2019*).

3. Osteoarthritis

Osteoarthritis adalah kondisi kerusakan pada tulang rawan yang melapisi sendi. Hal ini karena tekanan berlebih pada sendi akibat kelebihan berat badan. Tekanan ini menyebabkan perubahan struktural pada tulang rawan, memungkinkan tulang di dalam sendi bersentuhan saat bergerak. Peradangan dan perubahan struktural ini menyebabkan nyeri dan gangguan mobilitas. Lemak berlebih dalam tubuh juga memicu peradangan yang memperburuk osteoarthritis (*Kulkarni et al., 2016; Hall, 2019*).

4. Gangguan Sistem Pernapasan

a. Kesulitan Bernapas

Obesitas dapat menyebabkan kesulitan bernapas karena lemak yang berlebihan di area dada dan perut dapat membatasi ekspansi paru-paru dan pergerakan diafragma. Hal ini mengurangi kapasitas paru-paru dan volume udara yang dapat dihirup dan dihembuskan saat bernapas. Akibatnya, orang dengan obesitas cenderung mengalami pernapasan lebih cepat dan dangkal untuk memenuhi kebutuhan oksigen tubuh, yang dapat menyebabkan cepat lelah, sesak napas, dan penurunan toleransi terhadap aktivitas fisik (Gluncic *et al.*, 2016; Hall, 2019).

b. *Obstructive Sleep Apnea* (OSA)

Pernapasan yang terganggu saat tidur yang dikaitkan dengan obesitas dikenal sebagai gangguan tidur obstruktif (OSA). Obesitas menyebabkan penumpukan lemak di sekitar saluran napas atas seperti tenggorokan dan hidung, dapat menyebabkan penyempitan atau penyumbatan saat tidur. Ini mengganggu aliran udara dan menyebabkan gangguan pernapasan, berhenti bernapas sementara (apnea), dan berulang kali membangunkan seseorang. *Sleep apnea* dapat menyebabkan kelelahan kronis, masalah konsentrasi, serta meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular (Ganong *et al.*, 2014; Kapur *et al.*, 2017).

c. Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK)

Obesitas merupakan faktor risiko untuk PPOK. PPOK adalah kelompok penyakit paru yang meliputi penyakit paru obstruktif kronis dan emfisema. Obesitas telah terkait dengan peradangan sistemik dan perubahan pada fungsi paru-paru yang dapat menyebabkan penyempitan saluran pernapasan. Penyempitan ini menyulitkan udara mengalir keluar dari paru-paru, menyebabkan kesulitan bernapas,

batuk yang persisten, produksi lendir yang berlebihan, dan gejala pernapasan lainnya yang khas PPOK (Gluncic *et al.*, 2016; Hall, 2019).

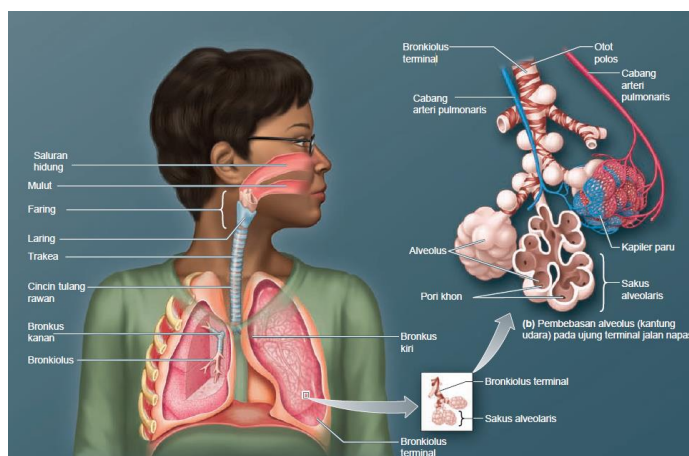
d. Asma

Obesitas juga meningkatkan risiko asma. Asma adalah kondisi kronis yang ditandai oleh saluran pernapasan yang bengkak dan menyempit, mengakibatkan kesulitan bernapas, batuk, dan mengi. Obesitas menimbulkan meningkatkan peradangan dan respons imun pada saluran pernapasan, yang berkontribusi pada gejala asma. Selain itu, obesitas juga dapat menyebabkan perubahan hormonal dan peradangan sistemik yang memengaruhi respons tubuh terhadap pemicu asma. Obesitas dapat menyebabkan kesulitan bernapas dan peningkatan risiko penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dan asma (Singh *et al.*, 2015; Hall, 2019).

2.2. Sistem Pernapasan

2.2.1. Anatomi Pernapasan

Saluran napas dimulai dari hidung, yang membuka ke dalam tenggorokan. Saluran yang berasal dari faring ada dua, yaitu trakea (*windpipe*) sebagai jalan masuk udara menuju paru-paru dan esofagus (Sherwood, 2018). Paru-paru menunjukkan kesatuan fungsional, dalam artian, setiap unit secara struktural identik dan berfungsi sama seperti unit lainnya. Karena pembagian paru-paru dan lokasi penyakit ditentukan berdasarkan lokasi anatominya (misalnya lobus kanan atas, lobus kiri bawah), maka penting untuk memahami anatomi paru untuk memahami fisiologi pernapasan dan perubahan patofisiologi pada penyakit pernapasan (Koeppen dan Stanton, 2018).



Sumber : (Sherwood, 2018)

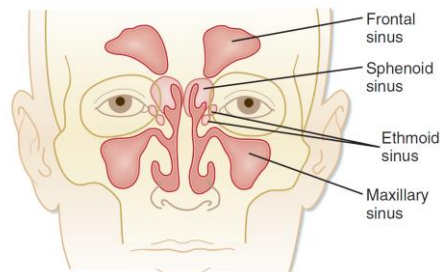
Gambar 5. Anatomi sistem respirasi

Berdasarkan letak anatominya saluran napas dibagi menjadi saluran napas atas dan bawah. Saluran napas atas terdiri dari mulai dari hidung hingga pita suara, termasuk sinus dan laring. Sedangkan saluran napas bawah terdiri dari trakea, bronkus, dan alveolus. Saluran pernapasan bagian atas mengkondisikan udara inspirasi sehingga pada saat udara mencapai trakea, udara inspirasi berada pada suhu tubuh dan terhidrasi sepenuhnya (Sherwood, 2018).

1. Hidung

Hidung berfungsi menyaring, memerangkap dan membersihkan partikel berukuran lebih dari 10 μm . Bagian dalam hidung dilapisi sel epitel pernapasan yang diselingi dengan sel sekretorik. Sel sekretorik menghasilkan imunoglobulin, mediator inflamasi dan interferon (Koeppen dan Stanton, 2018). Sinus paranasal (frontal, maxillary, sphenoid dan etmoid) dilapisi oleh sel epitel bersilia dan mengelilingi saluran hidung. Rambut silia pada hidung memfasilitasi pergerakan lendir dari saluran udara bagian atas dan membersihkan saluran hidung utama. Fungsi sinus adalah mengurangi berat tengkorak sehingga memudahkan postur tegak, memberikan resonansi pada suara dan melindungi otak dari trauma frontal. Cairan yang

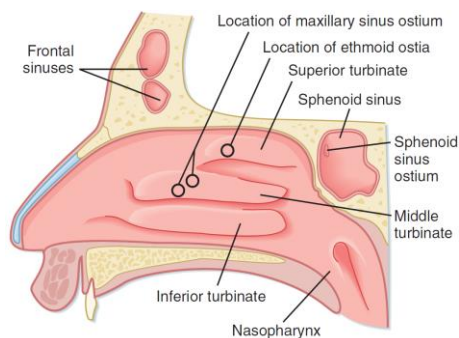
menutupi permukaan sinus terus-menerus didorong ke dalam hidung. (Koeppen dan Stanton, 2018).



Sumber : (Koeppen dan Stanton, 2018)

Gambar 6. Gambaran anterior dari sinus paranasal

Volume hidung pada orang dewasa kira-kira 20 ml, namun luas permukaannya diperbesar oleh konka hidung, yang merupakan rangkaian tiga pita jaringan kontinu yang menonjol ke dalam rongga hidung. Hidung memiliki fungsi sebagai indera penciuman. Ujung saraf di langit-langit hidung di atas konka superior membawa impuls melalui pelat kribriformis ke bulbus olfaktorius (Koeppen dan Stanton, 2018).



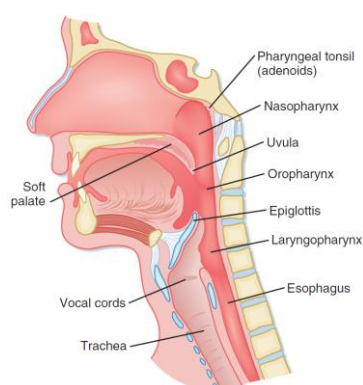
Sumber : (Koeppen dan Stanton, 2018)

Gambar 7. Gambaran lateral struktur saluran hidung

2. Faring

Faring dibagi menjadi tiga bagian, yaitu nasofaring, orofaring, dan laringofaring. Struktur penting di wilayah ini termasuk epiglotis, pita suara, dan tulang rawan arytenoid yang menempel ke pita suara. Nasofaring (dengan lebar 2-3 cm dan panjang 3-4 cm) adalah yang bagian paling anterior dan terletak di belakang

hidung. Hidung dan mulut terhubung melalui isthmus yang memungkinkan pernapasan baik oral maupun hidung. Nasofaring terdiri dari massa kecil jaringan limfoid (adenoid), yang dikenal sebagai *pharyngeal tonsils*, berfungsi sebagai salah satu sistem imunitas tubuh. Nasofaring terhubung ke rongga telinga tengah melalui tuba eustachius, yang membantu menyeimbangkan tekanan di dalam telinga dengan tekanan atmosfer (Koeppen dan Stanton, 2018).



Sumber : (Koeppen dan Stanton, 2018).

Gambar 8. Tampak bagian midsagital lateral kepala dan leher

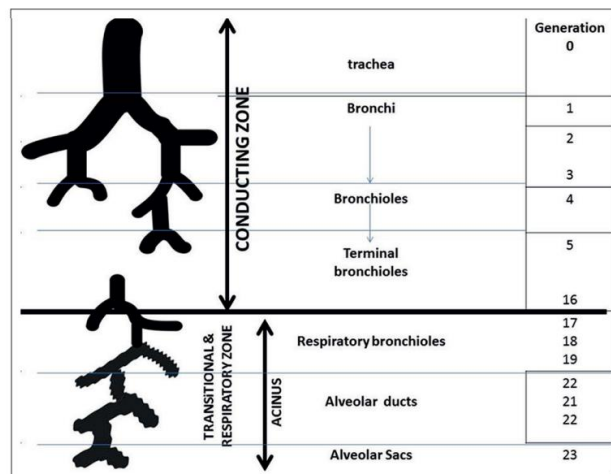
Soft palatum memisahkan nasofaring dan orofaring, yang berakhir di epiglottis. Laringofaring dimulai dari epiglottis dan berakhir di esofagus. Peran utama epiglottis adalah membantu mengatur perjalanan makanan ke kerongkongan dan udara ke paru-paru. Epiglottis dan tulang rawan arytenoid (melekat pada pita suara) menutupi atau bertindak sebagai penutup pita suara selama menelan. Dalam keadaan normal, epiglottis dan tulang rawan arytenoid berfungsi mencegah aspirasi makanan dan cairan ke saluran pernapasan bagian bawah. Tindakan menelan makanan biasanya terjadi dalam waktu 2 detik, dan hal ini sangat sinkron dengan refleks otot yang mengkoordinasikan pembukaan dan penutupan jalan napas. Oleh karena itu, udara dapat masuk ke saluran udara bagian bawah, dan makanan serta cairan dicegah untuk masuk (Koeppen dan Stanton, 2018).

3. Laring

Terdapat tonjolan anterior laring yang membentuk jakun di pintu masuk trakea. Lipatan vokal (*vocal folds*) merupakan jaringan elastik berupa dua pita yang berada pada pintu masuk laring secara melintang. Lipatan vokal ini dapat diatur dalam berbagai bentuk seperti diregangkan dan diposisikan oleh otot laring. Glotis laring adalah lubang udara masuk melalui lipatan vokal. Saat udara bergerak melalui glotis yang terbuka melalui berbagai lipatan vokal, lipatan akan bergetar, menghasilkan suara (Sherwood, 2018).

4. Trakea dan bronkus

Setelah laring, trakea terbagi menjadi bronkus kanan dan kiri lalu memasuki lobus paru kanan dan kiri. Bronkus batang utama ini kemudian membelah menjadi bronkus lobular, lalu terbagi menjadi bronkus segmental dan kemudian menjadi lebih kecil hingga bronkiolus dan berakhir di alveolus. Bronkus, yang dibedakan berdasarkan ukuran dan keberadaan tulang rawan, akhirnya menjadi bronkiolus terminal, yang merupakan saluran udara terkecil tanpa alveoli. Setiap percabangan saluran napas mengakibatkan bertambahnya jumlah saluran napas dengan diameter lebih kecil. Hal ini mengakibatkan, total luas permukaan cabang generasi berikutnya meningkat. Bronkiolus terminal berakhir di suatu saluran ke sekelompok alveoli dan disebut bronkiolus respiratorik (Koeppen dan Stanton, 2018).



Sumber : (Patwa dan Shah, 2015)

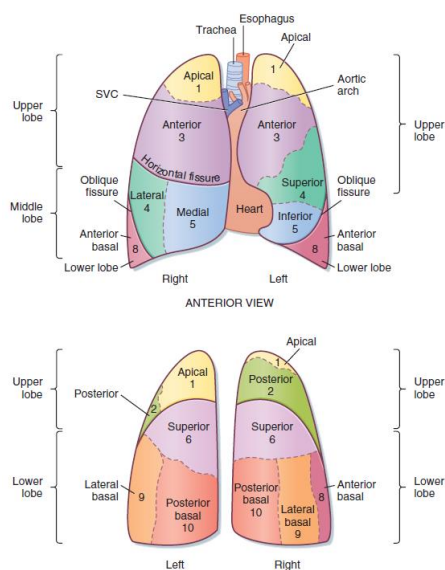
Gambar 9. *Tracheobronchial tree*

Daerah paru-paru yang disuplai oleh bronkus segmental disebut segmen bronkopulmonalis dan merupakan unit anatomi fungsional paru-paru. Unit fisiologis dasar paru-paru adalah unit pertukaran gas, yang terdiri dari pernapasan bronkiolus, saluran alveolar dan alveoli. Bronkus, yang mengandung tulang rawan, dan bronkiolus terminal yang kekurangan alveoli, dan tidak ada tulang rawan, berfungsi memindahkan gas dari saluran nafas ke alveoli dan disebut sebagai saluran pernapasan konduksi. Area paru-paru ini tidak berpartisipasi dalam pertukaran gas. Pernapasan bronkiolus dengan alveoli dan dimulai dari daerah bronkiolus pernapasan sampai alveoli adalah tempat terjadinya semua pertukaran gas. Panjang daerah ini hanya sekitar 5 mm, namun merupakan volume terbesar paru-paru, dengan volume sekitar 2500 ml dan luas permukaan 70 m² ketika paru-paru dan dinding dada berada pada volume istirahat (Koeppen dan Stanton, 2018)

5. Alveolus

Saluran pernapasan bagian bawah berfungsi sebagai tempat pertukaran udara baik oksigen maupun karbondioksida. Secara keseluruhan proses tersebut terjadi di dalam paru-paru. Paru-

paru kanan, terletak di hemithoraks kanan, terbagi menjadi tiga lobus yaitu superior, medial, dan inferior oleh dua celah interlobular (oblique dan horizontal), sedangkan paru-paru kiri, terletak di hemithoraks kiri, dibagi menjadi dua lobus (superior dan inferior) oleh fissura *oblique* (Koeppen dan Stanton, 2018).



Sumber : (Koeppen dan Stanton, 2018)

Gambar 10. Ilustrasi Topografi Paru-Paru Tampak Anterior dan Posterior

Baik paru-paru kanan maupun kiri ditutupi oleh selaput tipis yang disebut pleura visceral dan terbungkus oleh membran lain yang disebut parietal pleura. Permukaan kedua pleura ini memungkinkan paru-paru mengembang di dada dan menghasilkan ruang potensial (Koeppen dan Stanton, 2018).

Alveolus adalah kelompok kantong yang mengembang dan ber dinding tipis di ujung cabang saluran napas. Kelompok alveolus, kantong udara kecil di ujung bronkiolus, memungkinkan pertukaran gas oksigen dan karbondioksida antara udara dan darah (Sherwood, 2018). Sawar yang sangat tipis terbentuk oleh ruang interstitium yang terletak di antara alveolus dan anyaman kapiler di sekelilingnya, dengan ketebalan

hanya 0,5 μ m yang memisahkan udara dalam alveolus dari darah dalam kapiler paru. Sawar ini mempercepat pertukaran gas (Koeppen dan Stanton, 2018).

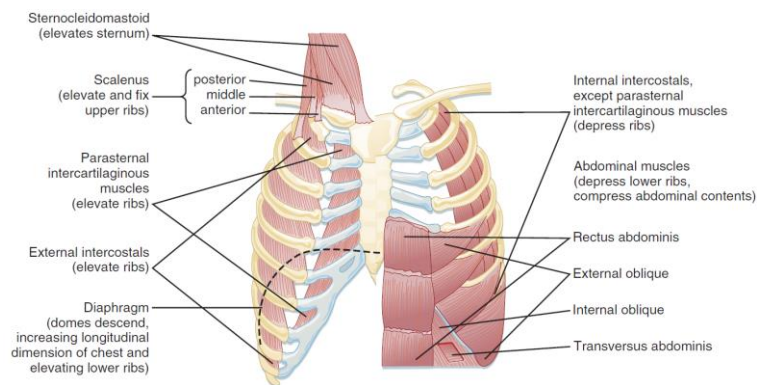
Orang dewasa memiliki sekitar 5×10^8 alveol, yang terdiri dari sel epitel tipe I dan tipe II. Sel tipe I menempati 96%–98% luas permukaan alveolus, dan merupakan tempat utama pertukaran gas. Sitoplasma tipis sel tipe I sangat ideal untuk difusi gas yang optimal. Selain itu, membran basal sel tipe I dan endotel kapiler menyatu, yang meminimalkan jarak difusi gas dan dengan demikian memfasilitasi pertukaran gas. Selain alveolus tipe I, sel alveolus tipe II menempati 5% epitel permukaan alveolus. Sel-sel ini menghasilkan surfaktan, yang membantu paru-paru berkembang, dan memiliki kompleks fosfolipoprotein (Sherwood, 2018). Pertukaran gas terjadi di alveoli melalui jaringan kapiler dan alveoli yang padat seperti jaring yang disebut jaringan alveolarkapiler. Membran antara alveoli dan pembuluh darah hanya setebal 1–2 μ m dan terdiri dari sel epitel alveolar tipe I, sel endotel kapiler, dan membran basal masing-masing. Oksigen dan karbondioksida secara pasif berdifusi melintasi membran ini ke dalam plasma dan sel darah merah (Koeppen dan Stanton, 2018).

Paru-paru tidak pernah kosong sepenuhnya karena saluran napas kecil tertutup selama ekspirasi maksimal, meskipun volumenya dapat berkurang hingga 1200 mililiter. Ketika ekspirasi paksa mengurangi volume paru-paru, menghambat lebih banyak udara. Ini juga membantu karena ketika ekspirasi maksimal, pertukaran gas antara karbondioksida di dalam darah yang mengalir dan oksigen di udara masih dapat dilakukan di alveolus yang masih tersisa. (Sherwood, 2018).

6. Otot-otot yang berperan dalam pernapasan

Sistem respirasi terdiri dari otot pernapasan toraks dan abdomen, serta saluran napas yang menuju paru-paru. Otot-otot utama pernapasan meliputi diafragma, otot-otot interkostal eksternal, dan otot-otot scalenus merupakan otot rangka. Otot rangka memberikan tenaga penggerak untuk ventilasi, kekuatan kontraksi ini akan meningkat ketika diregangkan dan berkurang ketika direlaksasikan. Kekuatan kontraksi otot pernapasan meningkat pada volume paru yang lebih besar. Diafragma adalah otot utama pernapasan dan pemisah rongga dada dari rongga perut. Kontraksi diafragma memaksa isi perut ke bawah dan ke depan. Hal ini meningkatkan dimensi vertikal rongga dada dan menciptakan perbedaan tekanan antara dada dan perut. Pada orang dewasa, diafragma dapat menghasilkan tekanan saluran napas hingga 150-200 cmH₂O selama upaya inspirasi maksimal. Selama pernapasan tenang (*tidal breathing*), diafragma bergerak kira-kira 1 cm. Namun, saat melakukan manuver pernapasan dalam (kapasitas vital), diafragma dapat bergerak sejauh 10 cm. Diafragma dipersarafi oleh saraf frenikus kanan dan kiri, yang berasal dari segmen C3-C5 (Koeppen dan Stanton, 2018).

Otot inspirasi penting lainnya adalah otot interkostal eksternal, yang menarik tulang rusuk ke atas dan ke depan selama inspirasi. Hal ini menyebabkan peningkatan diameter toraks secara lateral dan anteroposterior. Persarafan otot interkostal eksterna berasal dari saraf interkostal T1 dan T2. Kelumpuhan otot-otot ini tidak berpengaruh signifikan terhadap pernapasan karena pernapasan terutama bergantung pada diafragma (Koeppen dan Stanton, 2018).



Sumber : (Koeppen dan Stanton, 2018)

Gambar 11. Ilustrasi Otot Pernapasan Utama

Otot bantu inspirasi (otot scalene, yang mengangkat otot sternocleidomastoid, ala nasi yang menyebabkan hidung melebar dan otot kecil di leher dan kepala) tidak berkontraksi selama pernapasan normal. Namun, otot-otot tersebut berkontraksi dengan kuat selama berolahraga, dan ketika obstruksi jalan napas cukup parah, otot-otot tersebut secara aktif menarik tulang rusuk ke atas. Selama pernapasan normal, otot-otot tersebut mengikat tulang dada dan tulang rusuk bagian atas. Karena saluran napas bagian atas harus tetap terbuka selama inspirasi, otot-otot dinding faring (otot genioglossus dan otot arytenoid) juga dianggap sebagai otot inspirasi. Semua otot tulang rusuk adalah otot *voluntary* yang dipersarafi oleh arteri dan vena interkostal dan dipersarafi oleh saraf interkostal motorik dan sensorik (Koeppen dan Stanton, 2018).

Ekspirasi selama pernapasan normal bersifat pasif, tetapi menjadi aktif selama olahraga dan hiperventilasi. Otot-otot pernapasan yang paling penting adalah otot-otot dinding perut (otot rectus abdominis, otot oblique internal dan eksternal, dan otot transversus abdominis) dan otot-otot interkostal internal, yang berposisi dengan otot-otot interkostal eksternal dengan menarik tulang rusuk ke bawah dan ke dalam. Kelemahan otot pernapasan dapat mengganggu pergerakan dinding dada, dan

kelelahan otot pernapasan merupakan faktor utama terjadinya kegagalan pernapasan (Koeppen dan Stanton, 2018).

2.2.2. Fisiologi Pernapasan

Mekanisme pernapasan melibatkan pergeseran tekanan udara dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, juga dikenal sebagai menuruni gradien tekanan. Ventilasi membutuhkan tiga tekanan berbeda (Sherwood, 2018).

1. Tekanan atmosfer (barometrik), dengan nilai 760 mmHg, adalah tekanan yang ditimbulkan oleh berat udara di atmosfer pada benda di permukaan bumi.
2. Tekanan intrapulmonal (tekanan intraalveolus) adalah tekanan yang berada di dalam alveolus, dengan nilai 760 mmHg.
3. Tekanan di dalam kantong pleura (tekanan intratoraks), yang terletak di luar paru-paru di dalam rongga toraks, dikenal sebagai tekanan intrapleural. Biasanya lebih rendah daripada tekanan atmosfer, tekanan intrapleural rata-rata 756 mmHg..

Prinsip penurunan gradien mengatakan bahwa ketika inspirasi, tekanan intrapulmonal harus lebih rendah daripada tekanan atmosfer. Udara akan masuk ke dalam paru-paru. Sebaliknya, ketika ekspirasi, tekanan intrapulmonal harus lebih tinggi daripada tekanan atmosfer, mengakibatkan udara dapat keluar dari paru-paru (Sherwood, 2018).

Otot-otot pernapasan melakukan gerakan, namun tidak mengubah volume paru-paru langsung. Sebaliknya, mereka mengubah rongga toraks, yang mengubah volume paru-paru juga. Ini karena dinding toraks dan paru-paru berhubungan satu sama lain melalui daya rekat cairan intrapleura dan gradien tekanan transmural. Terdapat inspirasi dan ekspirasi dalam satu siklus pernapasan. Berikut hal yang terjadi pada saat siklus pernapasan (Sherwood, 2018):

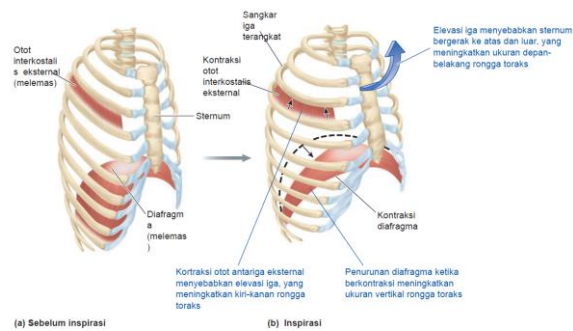
1. Inspirasi

Diafragma, otot inspirasi utama, dipersarafi oleh saraf frenikus, berfungsi untuk mengimbangi otot-otot inspirasi, yang membuat rongga toraks membesar. Diafragma berbentuk kubah akan menonjol ke dalam rongga toraks selama relaksasi. Ketika kontraksi berkurang, ukuran vertikal meningkat dan volume rongga toraks bertambah. Penurunan diafragma mencapai 1 cm selama inspirasi, namun bisa membesar hingga 10 cm. Dinding abdomen akan tertekan ke bawah dan ke depan ketika hal ini terjadi. Selain itu, ada dua kelompok otot interkostalis yang dapat berkontraksi untuk memperbesar rongga toraks baik secara lateral maupun anteroposterior. Saraf interkostalis eksternal membantu mengangkat iga dan kemudian sternum ke atas dan ke depan. (Sherwood, 2018).

Setelah ekspirasi selesai, tekanan intra-alveolus sama dengan tekanan atmosfer sehingga tidak ada udara yang keluar-masuk paru-paru. Tekanan intra-alveolus tidak meningkat sebaliknya akan menurun karena jumlah molekul udara yang sama dan menempati paru-paru yang memiliki volume lebih besar saat otot-otot yang disebutkan sebelumnya berkontraksi. Prinsip gradien menggerakkan udara ke paru-paru saat tekanan di atmosfer lebih tinggi daripada tekanan intra-alveolus. Setelah itu, tekanan dalam alveolus akan sebanding dengan tekanan atmosfer. Ini menunjukkan bahwa ekspansi paru-paru tidak disebabkan oleh masuknya udara. Sebaliknya, gradien tekanan intra-alveolus menyebabkan udara masuk ke dalam paru-paru dan atmosfer menurun, yang menyebabkan otot pernapasan mengekspansi paru-paru. Pada saat inspirasi, paru-paru cenderung ditarik lebih jauh dari dinding dada karena mereka sangat teregang, sehingga tekanan intrapleural turun menjadi 754 mmHg (Sherwood, 2018).

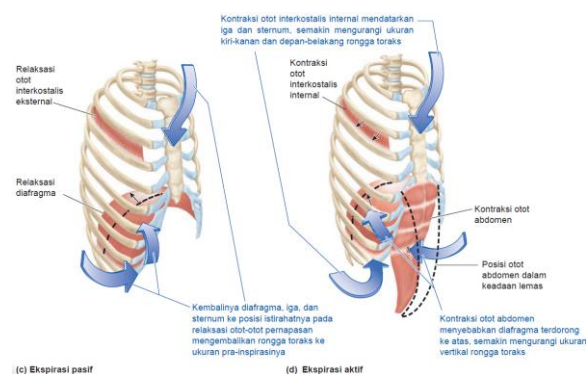
2. Ekspirasi

Pada saat inspirasi selesai, dinding dada dan paru-paru mengecil kembali ke ukuran sebelum inspirasi ketika otot inspirasi, diafragma, dan otot interkostalis eksterna relaksasi. Karena jumlah udara yang lebih besar berkurang, tekanan intra-alveolus meningkat. Tekanan intra-alveolus meningkat menjadi 761 mmHg saat ekspirasi, naik sekitar 1 mmHg di atas tekanan atmosfer. Ketika tidak ada lagi gradien tekanan dan tekanan intra-alveolus sama dengan tekanan atmosfer, aliran udara keluar berhenti (Sherwood, 2018).



Sumber : (Sherwood, 2018)

Gambar 12. Keadaan otot pernapasan saat inspirasi



Sumber : (Sherwood, 2018)

Gambar 13. Keadaan otot pernapasan saat ekspirasi

Berikut merupakan volume dan kapasitas paru yang dapat diukur (Sherwood, 2018) :

- i. Volume tidal (VT): volume udara yang keluar-masuk dari paru-paru setiap siklus. Pada kondisi istirahat, nilai rata-

ratanya adalah 500 mililiter.

- ii. Volume cadangan inspirasi (VCI) adalah volume udara yang terdiri dari udara ekstra. Volume rata-ratanya adalah 3000 ml dan dapat dihirup sepenuhnya.
- iii. Volume cadangan ekspirasi (VCE): volume udara tambahan yang dapat dikeluarkan dengan kontraksi maksimal dari otot ekspirasi melebihi volume udara normal yang dihirup. VCE rata-rata mencapai 1000 mililiter.
- iv. Volume residu (VR): volume udara minimal yang tertinggal di paru-paru bahkan setelah ekspirasi maksimal, dengan nilai rata-rata 1200 mililiter.
- v. Kapasitas vital (KV) adalah volume udara paling besar yang dapat dilepaskan selama satu kali bernapas setelah inspirasi maksimal, dengan nilai rata-rata 4500 mililiter.
- vi. Kapasitas paru total (KPT) adalah volume udara maksimum yang dapat ditampung paru-paru, dengan nilai rata-rata 5700 mililiter.
- vii. Volume ekspirasi paksa per satu detik (VEP_1): volume udara yang dapat dihembuskan dengan cepat dalam satu detik pertama ekspirasi; nilai tipikal VEP_1 adalah 80% dari KV.

2.2.3. Faktor yang Memengaruhi

1. Usia

Usia menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi fungsi paru-paru. Tingkat kematangan paru dicapai pada usia sekitar 20-25 tahun, setelah itu fungsi paru mulai menurun secara progresif. Variabel yang paling terkena dampaknya adalah *forced capacity volume* (FVC), *forced expiratory volume in 1 second* (FEV1) dan *peak expiratory flow rate* (PEFR) atau arus puncak ekspirasi (APE), penurunan ini terjadi seiring dengan bertambahnya usia akibat menurunnya elastisitas dinding dada, hilangnya kekuatan otot ekspirasi, dan semakin besarnya

peluang saluran pernapasan yang kecil untuk menutup selama ekspirasi paksa. Penurunan ini disebabkan oleh hilangnya elastisitas paru secara bertahap. Sebaliknya, volume dan kapasitas, seperti volume residu dan kapasitas residu fungsional meningkat, sedangkan kapasitas vital dan kapasitas inspirasi menurun akibat penutupan jalan napas, pengerasan jaringan paru yang progresif dan hilangnya tekanan rekoil elastis (Barroso *et al.*, 2018).

Pertukaran gas cenderung menurun seiring bertambahnya usia karena hilangnya permukaan alveolar dan berkurangnya volume darah. Pada masa anak-anak, PaO₂ dan PaCO₂ tidak mengalami perubahan yang signifikan, namun PaO₂ meningkat secara bertahap pada masa remaja. Secara spesifik, penurunan difusi karbonmonoksida di paru-paru adalah sekitar 0,2mlCO/menit/mmHg/tahun. Hal ini juga menyebabkan penurunan PaO₂ secara progresif dari 95 mmHg pada usia 20 tahun, menjadi 75 mmHg pada usia 70 tahun (Barroso *et al.*, 2018).

Konsumsi oksigen maksimal (VO_{2max}) berkurang seiring bertambahnya usia, meskipun penurunan ini lambat terjadi pada orang yang aktif secara fisik. Terdapat pula faktor yang terjadi di awal kehidupan, lalu berdampak pada fungsi paru-paru di masa dewasa seperti, anak-anak dengan berat badan lahir rendah. Penurunan fungsi paru terdapat pula pada wanita menopause, peran penuaan sel dalam penuaan paru-paru (Barroso *et al.*, 2018).

2. Tinggi badan

Beberapa parameter seperti kapasitas total paru, kapasitas vital, volume residu, FVC, FEV1 dan APE dipengaruhi oleh tinggi

badan karena proporsional dengan ukuran tubuh. Hal ini berarti bahwa pada seseorang yang tinggi, memiliki kapasitas paru-paru lebih besar (Barroso *et al.*, 2018).

3. Berat badan

Secara umum, kapasitas total paru menurun seiring dengan meningkatnya IMT. Efek kompensasi dari kapasitas inspirasi dapat mempertahankan volume kapasitas total paru dan kapasitas vital, yang meningkat seiring dengan terjadinya peningkatan IMT. Peningkatan kapasitas inspirasi dan penurunan volume residu disebabkan oleh perpindahan diafragma menuju rongga dada sebagai akibat dari tekanan mekanis yang diberikan oleh kelebihan lemak pada penderita obesitas. Akibatnya, volume tidal saat istirahat dan saat latihan fisik cenderung menurun sehingga menghasilkan aliran ekspirasi yang lebih kecil. Variabel lain, seperti kapasitas residual fungsional dan volume cadangan ekspirasi, terlihat menurun secara eksponensial dengan peningkatan IMT, sehingga volume tidal pada individu obesitas dapat mendekati volume residu. Kapasitas residual fungsional bisa menjadi sangat rendah sehingga melebihi kapasitas penutupan. Kejadian ini memiliki implikasi klinis dan dapat menyebabkan paru-paru kolaps dan berkembangnya atelektasis di zona paru inferior, yang menyebabkan distribusi tidak merata yang ditandai dengan pertukaran gas yang terjadi terutama di zona paru superior (Barroso *et al.*, 2018).

Peningkatan IMT umumnya menyebabkan penurunan pertukaran gas alveolar sehingga menyebabkan PaO_2 turun. Hal ini berhubungan dengan berat badan dan implikasi pernapasan selama berolahraga, volume tidal lebih rendah dan laju pernapasan lebih tinggi pada individu yang mengalami obesitas

dibandingkan pada individu yang tidak mengalami obesitas. Selain itu, kelebihan lemak di dinding dada menyebabkan VO_2 setiap siklus napas meningkat dan mengacu pada peningkatan kebutuhan ventilasi yang ditandai dengan VCO_2 (Barroso *et al.*, 2018).

Berat badan rendah mempunyai dampak relatif terhadap fungsi paru-paru. Kebanyakan nilai spirometri turun ketika berat badan rendah, sehingga mengakibatkan penurunan kapasitas ventilasi. Dengan demikian, individu dengan berat badan kurang memiliki FVC dan FEV1 yang rendah, serta defisit otot pernapasan. Nilai spirometri lain yang mengalami penurunan adalah kapasitas vital dan volume cadangan ekspirasi. Efek ini juga terlihat pada anak-anak dan bayi dengan berat badan lahir rendah (Barroso *et al.*, 2018).

4. Jenis kelamin

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Barroso, Martín, Romero dan Ruiz (2018), dengan metode morfometrik standar, menyatakan di antara individu dengan berat dan tinggi badan yang sama, laki-laki memiliki paru-paru yang lebih besar dibandingkan perempuan. Sehingga jumlah bronkus juga lebih banyak, luas permukaan alveolar yang lebih besar dan kaliber saluran napas yang lebih lebar. Jumlah dan ukuran alveoli meningkat selama perkembangan paru-paru pasca kelahiran. Meskipun paru-paru wanita lebih kecil dibandingkan paru-paru pria dan mempunyai lebih sedikit bronkiolus, jumlah alveoli per satuan luas permukaan adalah sama pada laki-laki dan perempuan (Barroso *et al.*, 2018).

Namun, pada masa remaja, terjadi pertumbuhan diferensial antara ukuran saluran napas dan ukuran paru-paru. Jadi, pada

wanita, pertumbuhan saluran napas sebanding dengan jaringan paru-paru, sedangkan pada pria, pertumbuhan saluran napas yang tidak proporsional sehingga menyebabkan jumlah alveoli jauh lebih kecil dibandingkan jumlah saluran napas. Oleh karena itu, laki-laki mempunyai saluran pernapasan yang lebih panjang dibandingkan perempuan, sehingga perempuan memiliki resistensi saluran napas spesifik yang lebih besar dan nilai APE yang lebih rendah. Bahkan dengan paru-paru yang berukuran sama, laki-laki masih mempunyai saluran pernapasan yang lebih besar dibandingkan perempuan. Terkait dengan elastik recoil, karakteristik dinding dada, dan komplians paru, perbedaan antara pria dan wanita tidak terlihat signifikan. Pria juga memiliki nilai aliran udara yang lebih tinggi dibandingkan wanita, meskipun rasio FEV1/FVC tetap sama. Ventilasi, tekanan puncak inspirasi, dan aliran ekspirasi juga lebih tinggi pada pria dibandingkan pada wanita. Secara keseluruhan, FEV1 menurun seiring bertambahnya usia, namun penurunan ini lebih cepat pada pria dibandingkan wanita, karena kekuatan otot pernapasan menurun lebih drastis pada pria dibandingkan wanita (Barroso *et al.*, 2018).

Berkaitan dengan difusi gas, penurunan difusi CO di paru-paru atau *decline in CO diffusion in the lung* (DLCO) lebih tinggi pada pria dibandingkan pada wanita, dan turun dengan laju sekitar 0,2mlCO/menit/mmHg/tahun pada pria dan 0,15mlCO/menit/mmHg/tahun pada wanita. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh pengaruh estrogen dalam menjaga ketahanan pembuluh darah pada wanita. Siklus menstruasi juga terbukti mengubah mekanisme difusi gas. Perubahan ini diduga disebabkan oleh volume kapiler darah. Sehubungan dengan latihan fisik, kualitas saluran napas dan volume paru-paru yang lebih kecil pada wanita menghasilkan nilai APE yang lebih

rendah. Oleh karena itu, perempuan mempunyai kapasitas yang jauh lebih rendah dibandingkan laki-laki dalam meningkatkan ventilasi (Barroso *et al.*, 2018).

5. Posisi

Distensibilitas paru berkurang secara signifikan dengan adanya perubahan posisi dari berdiri tegak, duduk, dan berbaring telentang, menyamping, atau depan. Volume paru-paru lebih tinggi pada saat subjek berdiri dibandingkan pada posisi lain, karena adanya peningkatan volume rongga dada. Kapasitas vital dan kapasitas total paru turun pada posisi terlentang dibandingkan posisi berdiri, hal ini mungkin disebabkan adanya perubahan aliran darah dari tungkai bawah ke rongga dada. Kapasitas vital lebih tinggi pada posisi dekubitus terlentang dibandingkan posisi dekubitus tengkurap, sedangkan kapasitas total paru tidak mengalami perubahan yang signifikan. Kapasitas residual fungsional juga berkurang pada posisi dekubitus, lebih spesifiknya pada posisi terlentang karena perut mendorong diafragma ke arah rongga dada. Hasilnya, nilai kapasitas residual fungsional dan volume residu ekspirasi lebih tinggi saat berdiri dibandingkan saat duduk atau berbaring, sedangkan nilai pada posisi duduk lebih tinggi dibandingkan posisi terlentang. Nilai volume tidal lebih tinggi pada posisi duduk dibandingkan posisi terlentang. Hal ini karena kemiringan batang tubuh yang semakin meningkat menyebabkan berkurangnya perpindahan tulang rusuk dan ventilasi, sehingga volume tidal secara bertahap meningkat seiring dengan diangkatnya punggung ke posisi tegak (Barroso *et al.*, 2018).

2.3. Hubungan Obesitas dengan Fisiologi Sistem Pernapasan

Obesitas dapat didefinisikan sebagai keadaan kelebihan massa jaringan adiposa. Obesitas meningkatkan angka kesakitan dan kematian akibat berbagai penyakit kesehatan kronis, seperti penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, dislipidemia, dan penyakit hati berlemak. Fungsi paru sendiri ditentukan oleh kekuatan otot pernapasan, komplians rongga toraks, resistensi jalan nafas dan rekoil elastis paru. Obesitas dapat memengaruhi fisiologi pernapasan seperti memengaruhi otot diafragma, dada dan perut hingga menyebabkan gangguan fungsi paru akibat penumpukan lemak tubuh berlebih (Pavana dan Shree, 2020). Hal tersebut dapat mengakibatkan beberapa faktor seperti, gangguan mekanika pernapasan, mekanika saluran napas atas, kekuatan neuromuskular, pertukaran gas, pengaruh neurohormonal, dan penggerak ventilasi (Lin dan Lin, 2012). Gangguan fungsi paru timbul akibat peningkatan usaha pernapasan dan gangguan sistem transportasi gas (Pavana dan Shree, 2020).

Kekuatan otot ekspirasi adalah faktor utama yang memengaruhi fungsi pernapasan. Fungsi otot pernapasan lebih parah terganggu dengan meningkatnya obesitas. Kekuatan otot ekspirasi pada penderita obesitas, menghasilkan kontraksi, tekanan rekoil paru, dan kompetensi saluran napas, keelastisan paru-paru dan rongga dada berkurang menjadi sepertiga dari keelastisan paru-paru normal. Gangguan ini mungkin disebabkan oleh miopati atau beban yang dikenakan pada diafragma oleh obesitas itu sendiri. Hal ini dikarenakan kapasitas residu fungsional rendah, pernapasan terjadi pada bagian yang kurang efisien dari kurva tekanan-volume, menghasilkan peningkatan ventilasi dan aliran yang lebih tinggi yang diperlukan untuk melakukan manuver ventilasi maksimum meskipun terdapat batas aliran ekspirasi (Lin dan Lin, 2012).

Perbandingan antara frekuensi pernapasan yang lebih tinggi terhadap volume tidal merupakan tanda terjadinya kelemahan otot pernapasan. Keadaan ini berhubungan pada peningkatan rasio tekanan inspirasi rata-rata

terhadap tekanan inspirasi maksimal. Hal yang sama terjadi pada peningkatan rasio waktu inspirasi terhadap total waktu siklus pernapasan. Perubahan inilah yang mengacu pada penurunan fungsi dan daya tahan otot pernapasan, mekanik pernapasan sehingga menghasilkan pola pernapasan yang tidak normal pada individu obesitas, yang menyebabkan dispnea dan kegagalan ventilasi di kemudian hari (Sherwood, 2018). Obesitas dapat meningkatkan tekanan pada organ saluran napas atas oleh timbunan lemak dan melalui peningkatan beban jaringan lunak pada faring yang menyebabkan peningkatan kolapsibilitas faring. Hal ini merupakan faktor risiko utama dari peningkatan resistensi saluran napas atas (Lin dan Lin, 2012).

Obesitas juga dikaitkan dengan peradangan lokal pada struktur saluran napas bagian atas, kolaps yang mungkin terjadi berulang kali dapat meningkatkan reaksi inflamasi, dan mengaktifkan gen inflamasi, protein inflamasi makrofag-2, TNF- α , IL-1 β dan P-selectin. Sebaliknya, kadar adipokin antiinflamasi menurun. Sitokin ini dapat memicu reaksi inflamasi di saluran napas atas yang menyebabkan infiltrasi dan *remodelling* sel inflamasi. Ketika obesitas berlanjut gangguan tidur malam hari dan pertukaran gas dapat memicu peningkatan stres oksidatif lebih lanjut juga, sitokin inflamasi dan faktor humoral, akan semakin memperparah disfungsi neuromuskuler faring (Lin dan Lin, 2012; Kumar *et al.*, 2021).

Penjelasan yang telah diuraikan di atas tentang hubungan antara obesitas dengan fisiologi sistem pernapasan yang mungkin terjadi dapat diketahui dengan melakukan evaluasi fisiologi sistem pernapasan. Hal ini berhubungan dengan aliran inspirasi atau ekspirasi. Dalam beberapa literatur terdapat beberapa parameter fisiologi sistem pernapasan yang dapat mengevaluasi fungsi sistem pernapasan seperti FEV1, FVC dan APE. Beberapa penelitian menyatakan bahwa obesitas umumnya tidak menyebabkan penurunan FEV1 dan FVC, kecuali individu mengalami obesitas yang tidak sehat, sehingga rasio FEV1/FVC juga tetap konstan.

Namun untuk penilaian APE cenderung turun seiring dengan peningkatan dari IMT (Barroso *et al.*, 2018).

2.4. Arus Puncak Ekspirasi (APE)

2.4.1. Definisi

Arus puncak ekspirasi atau *peak expiratory flow rate* (PEFR) adalah aliran maksimal dengan kekuatan maksimal yang dicapai selama ekspirasi mulai dari tingkat inspirasi paru maksimal. Arus puncak ekspirasi adalah aliran maksimum yang dicapai selama manuver kapasitas vital yang dipaksa (FVC), yang biasanya terjadi dalam waktu sekitar 0,2 detik (DeVrieze *et al.*, 2020). *Peak expiratory flow rate* (PEFR) diperkenalkan oleh Hadorn pada tahun 1942 dan diterima sebagai parameter uji fungsi paru pada tahun 1949. *Peak flow meter* adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur APE, penggunaannya sangat mudah dan hemat biaya (Pavana dan Shree, 2020).

2.4.2. Fungsi

Secara umum, fungsi dari pengukuran APE untuk mengetahui fungsi faal paru, mengukur kecepatan aliran udara melalui bronchi dan menilai derajat obstruksi jalan nafas. Kecepatan aliran udara yang terjadi pada hembusan paksa maksimal yang dimulai dengan inspirasi maksimal terlebih dahulu. Laki-laki dewasa memiliki APE normal 400-600L/menit, dan wanita dewasa memiliki APE normal 300-500L/menit (DeVrieze *et al.*, 2020).

2.4.3. Faktor yang Memengaruhi APE

Berikut beberapa faktor yang memengaruhi nilai APE :

1. Riwayat Merokok

Zat nikotin yang terkandung di dalam rokok dapat menyebabkan sel-sel epitel di saluran pernapasan bekerja lebih buruk, yang

pada gilirannya menyebabkan pengeluaran mukus yang berlebihan dan peradangan. Akibatnya, hal ini dapat menyebabkan obstruksi jalan nafas (Hall, 2019).

2. Umur

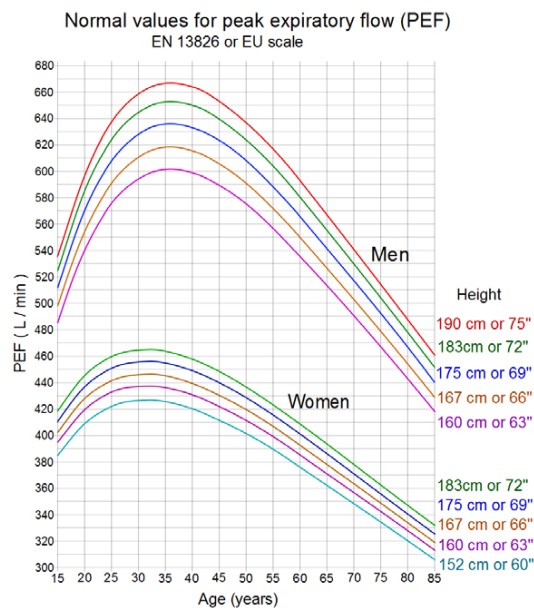
Secara normal, pertumbuhan dan perkembangan manusia akan berjalan mencapai maksimal pada usia 18-20 tahun, lalu kondisi ini akan bertahan hingga usia 30 tahun. Namun seiring, bertambahnya usia, fungsi fisiologi organ tubuh akan menurun (Putra *et al.*, 2012). Fungsi paru akan semakin rentan terhadap penyakit seiring bertambahnya usia dan elastisitas dinding dada, alveoli dan kapasitas paru juga akan menurun serta terjadi penebalan kelenjar bronkial. Hal ini akan menyebabkan infeksi saluran nafas dan munculnya mucus yang dapat mengobstruksi saluran pernapasan (Hall, 2019).

3. Tinggi Badan

Tinggi badan berbanding lurus dengan APE; dengan kata lain, nilai APE meningkat seiring dengan tinggi badan. Fungsi ventilasi seseorang yang tinggi lebih baik daripada orang yang pendek (Hall, 2019).

4. Jenis Kelamin

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Chao Ji, dkk (2021), nilai APE terstandar lebih tinggi pada laki-laki dibandingkan perempuan (Ji *et al.*, 2021). Jenis kelamin memiliki pengaruh terhadap nilai APE, nilai APE pada laki-laki lebih tinggi dengan kadar 20%-25% dibanding dengan perempuan dikarenakan perbedaan ukuran anatomi paru sehingga kemampuan *recoil* dan *compliance* paru sudah lebih terlatih. (Hall, 2019).



Sumber : (Ayyaz *et al.*, 2012)

Gambar 14. Tabel nilai normal APE

2.4.4. Aspek Teknis Uji Arus Puncak Ekspirasi

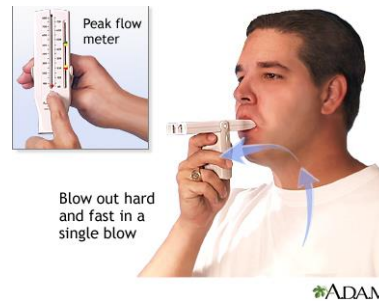
1. Periksa pasien dalam keadaan berdiri tegak.
2. Pastikan bahwa skala alat telah dikalibrasi dari nol.
3. Minta pasien menghirup udara sebanyak mungkin melalui hidung dan masukkan bagian mulut dengan bibir rapat di sekitarnya sehingga udara tidak keluar.
4. Segera setelah bibir dikatupkan, minta pasien menghembuskan udara dengan tenaga maksimal melalui mulut..
5. Lihat indikator pada skala pengukuran.
6. Catat nilai yang dihasilkan pada lembar hasil pemeriksaan *Peak Flow Meter*.
7. Lakukan pemeriksaan sebanyak 3 kali dan ambil nilai tertinggi.

Tabel 4. Rentang nilai APE

No	Zona	Interpretasi	Nilai Antara
1	Zona Hijau (Normal)	Fungsi paru baik	80%–100%
2	Zona Kuning (Hati-hati)	Mulai terjadi penyempitan jalan nafas	50%–79%
3	Zona Merah (Darurat)	Saluran nafas besar telah menyempit	<50%

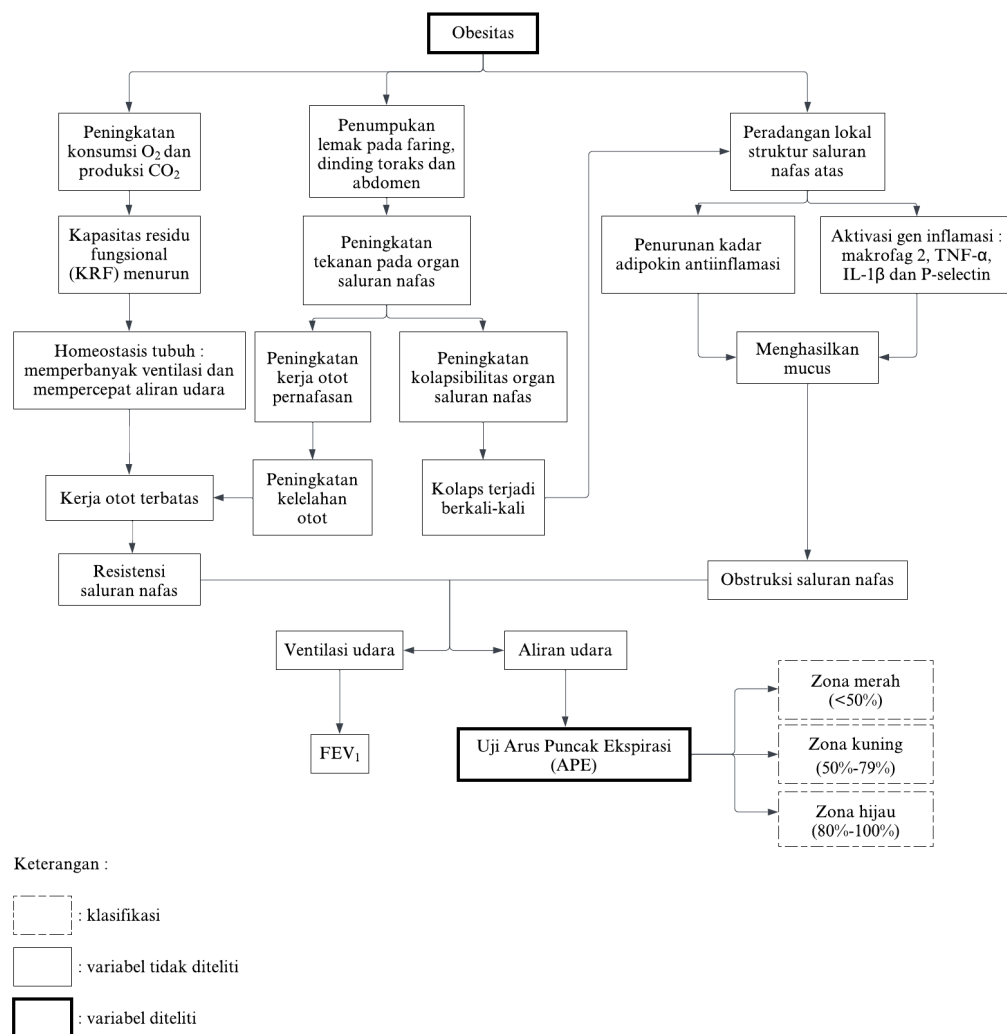
Sumber : (DeVrieze *et al.*, 2020)

8. Lepaskan *mouth piece*, lalu ganti dengan *mouth piece* yang baru untuk pasien selanjutnya (American Lung Association, 2019).



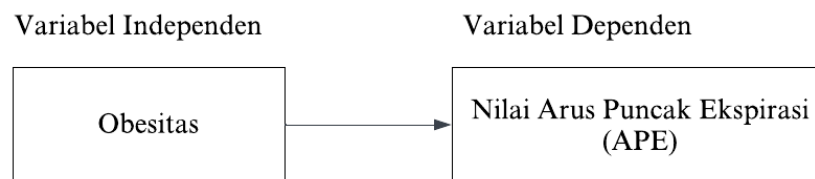
Sumber : (Hadjiliadis dan Harron, 2022)
Gambar 15. Cara mengukur nilai APE

2.5. Kerangka Teori



Sumber : (Lin dan Lin, 2012)
Gambar 16. Kerangka teori

2.6. Kerangka Konsep



Gambar 17. Kerangka konsep

2.7. Hipotesis

Hipotesis yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.7.1. Hipotesis null (H₀)

1. Tidak ada hubungan antara obesitas dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
2. Tidak ada hubungan antara obesitas sentral dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

2.7.2. Hipotesis alternatif (H_a)

1. Terdapat hubungan antara obesitas dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
2. Terdapat hubungan antara obesitas sentral dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif yang menggunakan pendekatan observasional-analitik dan pendekatan *cross-sectional*. Pendekatan *cross-sectional* melibatkan melakukan pengukuran atau pengamatan secara bersamaan atau sekaligus dalam upaya untuk mengidentifikasi hubungan antara dua hal.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, beralamat Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober - November 2023.

3.3. Populasi dan Sampel

3.3.1. Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

3.3.2 Sampel Penelitian

3.3.2.1. Besar Sampel

Penentuan besar sampel minimum yang digunakan adalah rumus analitik bivariat komparatif kategorik tidak berpasangan (Dahlan, 2019), yaitu:

$$N_1=N_2=\left(\frac{Z\alpha\sqrt{2PQ}+Z\beta\sqrt{P_1Q_1+P_2Q_2}}{P_1-P_2}\right)^2$$

Keterangan :

N_1 = jumlah subjek kelompok ke-1

N_2 = jumlah subjek kelompok ke-2

α = Kesalahan tipe 1 (sebesar 5%)

β = Kesalahan tipe 2 (sebesar 20%)

$Z\alpha$ = Deviat baku alfa (1,96)

$Z\beta$ = Deviat baku beta (0,84)

P_1 = Proporsi pada kelompok ke-1 (0,001) (Moreira *et al.*, 2021)

P_2 = Proporsi pada kelompok ke-2 (0,138) (Moreira *et al.*, 2021)

$Q_1=1-P_1= 1-0,001 =0,999$

$Q_2=1-P_2= 1-0,138= 0,862$

$P = \frac{(P_1+P_2)}{2} = 0,069$

$Q = 1-P = 0,931$

Maka, didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$\left(\frac{1,96\sqrt{2\cdot 0,069\cdot 0,931}+0,84\sqrt{0,001\cdot 0,999+0,138\cdot 0,862}}{0,001 - 0,138}\right)^2$$

$\Leftrightarrow N_1=N_2 = 52,585 \approx 53$

Jadi, jumlah sampel minimal yang harus digunakan pada penelitian ini berjumlah 106 orang.

3.3.2.2. Teknik Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan teknik *probability sampling*, atau pengambilan sampel secara acak. Ini berarti bahwa setiap orang dalam populasi penelitian memiliki kesempatan yang sama untuk terpilih sebagai sampel penelitian atau tidak. Metode yang digunakan adalah *cluster sampling* (Dahlan, 2019).

3.3.3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

1. Kriteria Inklusi
 - a. Mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
 - b. Bersedia menandatangani *informed consent*.

2. Kriteria Eksklusi
 - a. Memiliki riwayat penyakit terdahulu dan sekarang berupa, obstruksi saluran nafas (asma, PPOK, bronkitis, pneumonia, tuberkulosis) dan penyakit gangguan nafas (tumor paru, nekrosis paru, *congestive heart failure*, *obstructive sleep apnea*).
 - b. Perokok aktif.

3.4. Identifikasi Variabel Penelitian

Variabel bebas	:Kejadian obesitas pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
Variabel terikat	:Nilai arus puncak ekspirasi mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

3.5. Definisi Operasional

Tabel 5. Definisi operasional

Variabel	Definisi	Alat ukur	Cara Ukur	Hasil	Skala
Obesitas	Obesitas berarti penimbunan adiposit yang berlebihan di dalam tubuh dikarenakan konsumsi jumlah makanan lebih besar daripada penggunaannya pada saat beraktivitas sehari-hari sebagai energi (Hall, 2019).	1. Timbangan berat badan 2. <i>Microtoise</i>	Pengukuran langsung dan perhitungan IMT	1. Tidak <i>Obese</i> (IMT \leq 27) 2. <i>Obese</i> (IMT $>$ 27,0)	Ordinal
Obesitas Sentral	Obesitas sentral adalah obesitas dengan penumpukan lemak berlebihan dan penumpukan lemak intraabdomen dan memiliki resiko yang lebih tinggi terkena komplikasi (Fu et al., 2015).	Pita ukur	Pengukuran langsung dan analisis	1. Tidak obesitas sentral (♂ : $<$ 90 cm ♀ : $<$ 80 cm) 2. Obesitas sentral (♂ : \geq 90 cm ♀ : \geq 80 cm)	Ordinal
Arus Puncak Ekspirasi (APE)	Aliran maksimum yang dicapai selama manuver <i>forced vital capacity</i> (FVC), hal ini dilakukan dengan sangat cepat biasanya dalam 0,2 detik (DeVrieze et al., 2020).	Alat <i>Peak Flow Meter</i>	Pengukuran langsung dan analisis	1. Zona merah (APE : $<$ 50%) 2. Zona kuning (APE : 50%-79%) 3. Zona hijau (APE : 80%-100%)	Ordinal

3.6. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan lembar persetujuan (*informed consent*) untuk mengisi usia dan jenis kelamin individu. Pengukuran IMT dilakukan dengan pengukuran tinggi badan menggunakan *microtoise* dan berat badan menggunakan timbangan berat badan. Pengukuran obesitas sentral menggunakan pita ukur. Pengukuran nilai APE menggunakan *peak flow meter*. Pemeriksaan dengan alat ini dilakukan oleh peneliti yang sudah terlebih dahulu diberi informasi dan edukasi cara menggunakan *peak flow meter* tersebut dengan lengkap oleh *supervisor* yang sudah berpengalaman, serta menggunakan alat yang sudah dikalibrasi dan steril. Hasilnya akan dinyatakan dalam satuan liter/menit dan disesuaikan dengan zona merah, kuning atau hijau yang tertera pada *peak flow meter*. Pembacaan nilai APE dilakukan tiga kali, setelah itu dipilih nilai terbaik dari tiga kali pemeriksaan. Seluruh pemeriksaan dilakukan menggunakan alat pengukuran yang sama dan prosedur yang sama.

3.7. Cara Kerja Penelitian

1. Mengajukan *ethical clearance* pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
2. Menentukan responden yang sesuai dengan kriteria inklusi.
3. Menjelaskan maksud dan tujuan penelitian.
4. Meminta responden untuk mengisi lembar *informed consent* sebagai bentuk kesediaan sebagai sampel penelitian.
5. Mengukur tinggi badan dengan *microtoise*, berat badan dengan timbangan berat badan dan obesitas sentral menggunakan pita ukur pada responden.
6. Melakukan perhitungan dan analisis indeks massa tubuh (IMT) responden dengan rumus, sebagai berikut :

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat Badan (kg)}}{(\text{Tinggi Badan (m)})^2}$$
7. Melakukan pemeriksaan nilai APE dengan alat *peak flow meter* pada responden.

- a. Periksa responden dalam keadaan berdiri tegak.
- b. Pastikan bahwa skala alat telah dikalibrasi dari nol.
- c. Minta responden menghirup udara sebanyak mungkin melalui hidung dan masukkan bagian mulut dengan bibir rapat di sekitarnya sehingga udara tidak keluar.
- d. Segera setelah bibir dikatupkan, minta responden menghembuskan udara dengan tenaga maksimal melalui mulut.
- e. Lihat indikator pada skala pengukuran.
- f. Catat nilai yang dihasilkan pada lembar hasil pemeriksaan nilai APE
- g. Lakukan pemeriksaan sebanyak 3 kali dan ambil nilai tertinggi.

Tabel 6. Rentang nilai APE

No	Zona	Interpretasi	Nilai Antara
1	Zona Hijau (Normal)	Fungsi paru baik	80%–100%
2	Zona Kuning (Hati-hati)	Mulai terjadi penyempitan jalan nafas	50%–79%
3	Zona Merah (Darurat)	Saluran nafas besar telah menyempit	<50%

Sumber : (DeVrieze *et al.*, 2020)

- h. Lepaskan *mouth piece*, lalu ganti dengan *mouth piece* yang baru untuk responden selanjutnya (American Lung Association, 2019).
8. Menarik kesimpulan dari hasil analisis.

3.8. Pengolahan dan Analisis Data

3.8.1. Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan dan diproses sesuai dengan kerangka konsep dan tujuan penelitian, peneliti akan melakukan pengolahan data. Proses pengolahan data terdiri dari tahapan berikut: *coding*, yang menerjemahkan data ke dalam bahasa pemrograman untuk keperluan analisis; *data entry*, yang memasukkan data ke komputer; perbaikan, yang memeriksa kembali data yang telah dimasukkan ke komputer sebelumnya secara visual; dan *output*, yang merupakan data yang telah dianalisis, yang dilampirkan ke hasil penelitian.

3.8.2. Analisis Data

Analisa statistika dari atau akan dikumpulkan melalui penggunaan program pengolah data statistik *Statistical Program and Service Solution* (SPSS). Analisis data yang akan dilakukan terdiri dari dua kategori, yaitu :

3.8.2.1. Analisis Univariat

Tujuan analisis univariat adalah untuk menjelaskan setiap variabel satu per satu. Dalam penelitian ini, analisis univariat digunakan untuk menjelaskan variabel bebas. Variabel bebas adalah obesitas dan obesitas sentral dan variabel terikat adalah nilai APE pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

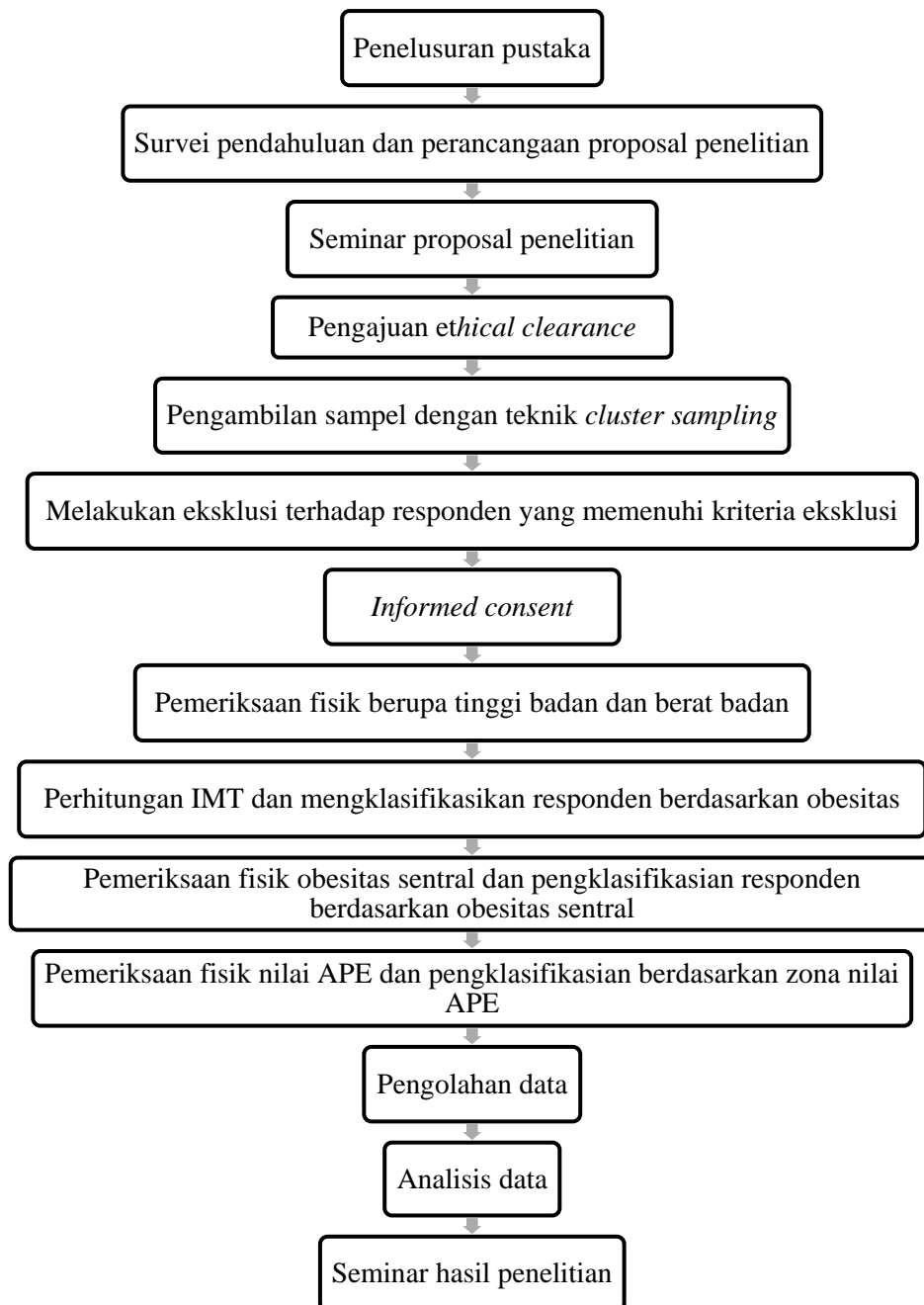
3.8.2.2. Analisis Bivariat

Tujuan analisis bivariat adalah untuk menentukan hubungan variabel terikat dan variabel bebas satu sama lain. Uji *kolmogorov-smirnov* digunakan dalam penelitian ini; dikarenakan tabel berupa tabel 2xK dan tidak memenuhi untuk uji *Chi-square* (Dahlan, 2020). Pada penelitian ini menggunakan nilai α sebesar 0,05. Dalam kasus, nilai $p < \alpha$ maka hubungan kedua variabel dianggap bermakna.

3.9. Etika Penelitian

Untuk penelitian ini, sudah memiliki izin etik (*ethical clearance*). Selain itu, penelitian ini mematuhi dan mengikuti standar etika dan norma penelitian yang ditetapkan oleh Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang ditetapkan dalam Surat Keputusan Etik dengan nomor surat 3846/UN26.18/PP.05.02.00/2023.

3.10. Alur Penelitian



Gambar 18. Alur Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

1. Tidak terdapat hubungan antara obesitas dengan nilai arus puncak ekspirasi pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung ($p = 0,302, p \text{ value} > 0,05$).
2. Terdapat hubungan antara obesitas sentral dengan nilai arus puncak ekspirasi pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung ($p = 0,017, p \text{ value} > 0,05$).
3. Penderita obesitas pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung berdasarkan usia paling banyak berusia 18 tahun dan 21 tahun.
4. Penderita obesitas pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung berdasarkan jenis kelamin lebih banyak ditemukan pada perempuan daripada laki-laki.
5. Penderita obesitas pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung berdasarkan obesitas sentral lebih banyak yang termasuk obesitas sentral.
6. Nilai arus puncak ekspirasi pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang berada pada zona merah berjumlah 1 orang (0,9%), zona kuning berjumlah paling banyak 67 orang (63,2 %) dan zona hijau berjumlah 38 orang (35,8%) dari total 106 orang responden.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan usia dan jenis kelamin dengan nilai APE
2. Bagi peneliti selanjutnya, perlu diteliti lebih lanjut mengenai faktor lainnya yang memengaruhi hubungan obesitas dengan nilai arus puncak ekspirasi (APE) seperti kebiasaan merokok, aktivitas fisik dan psikologis.
3. Bagi peneliti selanjutnya, perlu diteliti dengan menggunakan pembagian IMT yang lebih luas dan spesifik seperti pembagian obesitas menjadi obesitas I dan obesitas II.
4. Perlu dilakukan pemeriksaan nilai APE dan pengukuran berat badan dan tinggi badan secara berkala sebagai upaya pencegahan gangguan saluran pernapasan dan mengurangi angka obesitas.

DAFTAR PUSTAKA

- American Lung Association. 2019. Measuring Your Peak Flow Rate. Lung Health & Diseases. [Online Jurnal] [Diunduh 2 Agustus 2023]. Tersedia di <https://www.lung.org/lung-health-and-diseases/lung-disease-lookup/asthma/living-with-asthma/managing-asthma/measuring-your-peak-flow-rate.html>.
- Ariningsih DMW, Winaya IMN, Sutadarma IWG. 2018. Hubungan Antara Obesitas dengan Arus Puncak Ekspirasi Anak Usia 8 – 12 Tahun di Sekolah Dasar Saraswati Tabanan. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia* . 6(3): 5–8.
- Ayyaz S, Mushtaq MA, Khan SA. 2012. Peak Expiratory Flow Rate. *The Professional Medical Journal* . 20(1): 99–102.
- Barroso AT, Martín EM, Romero LMR, Ruiz FO. 2018. A Review of the Literature: Factors Affecting Lung Function. *Archivos de Bronconeumología (English Edition)* . 54(6): 327–332.
- Bhattacharjee A, Thygoo AAL, Rammohan S. 2018. Impact of obesity on pulmonary functions among young non-smoker healthy female of shah alam, malaysia. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* . 11(10): 465–469.
- Campos EC de, Peixoto-Souza FS, Alves VC, Basso-Vanelli R, Barbalho-Moulim M, *et al.* 2018. Improvement in Lung Function and Functional Capacity in Morbidly Obese Women Subjected to Bariatric Surgery. *Clinics* . 73(20): 1–8.
- Cen J, Weng L. 2022. A Prospective Observational Study : Comparison of Peak Expiratory Flow (PEF) and COPD Assessment Test (CAT) to Assess COPD Exacerbation Requiring Hospitalization. *Chronic Respiratory Disease* . 19(1): 1–7.
- Cintra-Andrade JH, Ripka WL, Heymsfield SB. 2023. Skinfold Calipers: Which Instrument to Use. *Journal of Nutritional Science* . 12(82): 1–6.
- Dahlan MS. 2019. Besar Sampel dan Cara Pengambilan Sampel dalam Penelitian

Kedokteran dan Kesehatan. Jakarta: Salemba Medika.

Dahlan MS. 2020. Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan Deskriptif, Bivariat dan Multivariat. Jakarta: Salemba Medika.

DeVrieze BW, Modi P, Giwa AO. 2020. Peak Flow Rate Measurement. Treasure Island: StatPearls Publishing.

Direktorat Pengendalian Penyakit Tidak Menular. 2015. Pedoman Umum Pengendalian Obesitas. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Ferreira MS, Mendes TT, Marson FA de L, Zambon PP, Paschoal AA, *et al.* 2014. The Relationship Between Physical Functional Capacity and Lung Function in Obese Children and Adolescents. *BMC Pulmonary Medicine* . 14(1): 1–14.

Fincham GW, Strauss C, Montero-Marin J, Cavanagh K. 2023. Effect of Breathwork on Stress and Mental Health: A Meta-Analysis of Randomised-Controlled Trials. *Scientific Reports* . 13(432): 1–14.

Fiskasari SR. 2019. Hubungan Depresi, Ansietas, dan Stres dengan Status Gizi Pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung [Skripsi]. Universitas Lampung.

Fu J, Hofker M, Wijmenga C. 2015. Apple or Pear: Size and Shape Matter. *Cell Metabolism* . 21(4): 507–508.

Ganong WF, Barret KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL. 2014. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Ganong. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Gluncic TJ, Basara L, Hecimovic A, Vukic Dugac A, Jakopovic M, *et al.* 2016. Influence of Body Mass Index on Exercise Capacity in Pulmonary Rehabilitation. *European Respiratory Society (ERS)*. [Online Jurnal] [Diunduh 1 Agustus 2023]. Tersedia di https://erj.ersjournals.com/content/48/suppl_60/PA711.

Goswami B, Roy AS, Dalui R, Bandyopadhyay A. 2014. Peak Expiratory Flow Rate – A Consistent Marker of Respiratory Illness Associated with Childhood Obesity. *American Journal of Sports Science and Medicine* . 2(1): 21–26.

Hadjiliadis D, Harron PF. 2022. How to Measure Peak Flow. *ADAM Medical Encyclopedia*. [Online Jurnal] [Diunduh 28 September 2023]. Tersedia di <https://medlineplus.gov/ency/patientimages/000116.htm>.

- Hall JE. 2019. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Philadelphia: Elseiver.
- Hanum Rashid F. 2017. Malaysians Most Obese in Region : Malaysia General Business Sports and Lifestyle News. New Straits Times. [Online Jurnal] [Diunduh 28 September 2023]. Tersedia di <https://www.nst.com.my/news/nation/2017/06/246538/malaysians-most-obese-region>.
- Henry C. 2015. Basal Metabolic Rate Studies in Humans : Measurement and Development of New Equations. *Public Health Nutrition* . 8(7a): 1133–1152.
- Hu EY, Ramachandran S, Bhattacharya K, Nunna S. 2018. Obesity Among High School Students in The United States : Risk factors and Their Population Attributable Fraction. *Preventing Chronic Disease* . 15(11): 1–11.
- Husale R, Diwate A, Das A. 2019. Effects of Obesity on PEFr Value. *VIMS Journal of Physical Therapy* . 1(2): 111–116.
- Ijaz A, Bashir I, Ikhtlaq A, Ijaz F, Aftab RK, *et al.* 2020. Correlation Between Peak Expiratory Flow Rate, Markers of Adiposity, and Anthropometric Measures in Medical Students in Pakistan. *Cureus* . 12(12): 1–5.
- Isaac N, Sabu SKS, Mathew, Mathew A, Thomas J. 2018. The Effect of Body Weight on Peak Expiratory Flow Rate (PEFR) in Adolescent School Children from a Rural Area in South India. *Social Innovations Journal* . 13(12): 63173–63176.
- Jena SK, Mirdha M, Meher P, Misra AK. 2017. Relation of Peak Expiratory Flow Rate to Body Mass Index in Young Adults. *Muller Journal of Medical Sciences and Research* . 8(1): 19.
- Ji C, Xia Y, Dai H, Zhao Z, Liu T, *et al.* 2021. Reference Values and Related Factors for Peak Expiratory Flow in Middle-Aged and Elderly Chinese. *Frontiers in Public Health*. [Online Jurnal] [Diunduh 2 Agustus 2023]. Tersedia di <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34490189/>.
- Jin X, Qiu T, Li L, Yu R, Chen X, *et al.* 2023. Pathophysiology of Obesity and Its Associated Diseases. *Acta Pharmaceutica Sinica B* . 13(6): 2403–2424.
- Joshi V, Shah S. 2016. Effect of Body Mass Index (BMI) on Peak Expiratory Flow Rate in Young Adults. *International Journal of Medical and Biomedical*

Studies . 3(5): 206–209.

Kapur VK, Auckley DH, Chowdhuri S, Kuhlmann DC, Mehra R, *et al.* 2017. Clinical Practice Guideline for Diagnostic Testing for Adult Obstructive Sleep Apnea: An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline. *J Clin Sleep Med* . 13(3): 479–504.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018a. Cek Lingkar Perut Anda. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018b. Hasil Utama Laporan RISKESDAS Tahun 2018. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2020. PMK No 2 Tahun 2020 tentang Standar Antropometri Anak. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2022. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tentang Standar Alat Antropometri dan Alat Deteksi Dini Perkembangan Anak. Jakarta: Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

Koepfen BM, Stanton BA. 2018. Berne and Levy Physiology Seventh Edition International Edition. Philadelphia: Elsevier.

Krisdayanti E. 2019. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah Pada Laki-Laki Penderita Obesitas Sentral di Lingkungan Universitas Lampung [Skripsi]. Universitas Lampung.

Kulkarni K, Karssiens T, Kumar V, Pandit H. 2016. Obesity and Osteoarthritis. *J Maturitas* . 89(1): 22–28.

Kumar V, Abbas A, Aster JC. 2021. Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease. London: Elsevier.

Lin CK, Lin CC. 2012. Work of Breathing and Respiratory Drive in Obesity. *Respirology* . 17(3): 402–411.

Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 Tentang Pedoman Gizi Seimbang. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Moreira GMS, Ribeiro AM, Carvalho PM de M, Mira PA de C, Freitas IMG. 2021.

Relationship between peak expiratory flow and impaired functional capacity in obese. *Fisioterapia em Movimento* . 34: 1–9.

Panuganti KK, Nguyen M, Kshirsagar RK, Doerr C. 2022. *Obesity (Nursing)*. Treasure Island: StatPearls.

Parmar RM, Can AS. 2022. *Physiology, Appetite And Weight Regulation*. Treasure Island: StatPearls.

Patwa A, Shah A. 2015. *Anatomy and Physiology of Respiratory System Relevant to Anaesthesia*. *Indian Journal of Anaesthesia* . 59(9): 533–541.

Pavana, Shree B. 2020. *Correlation of Obesity and Peak Expiratory Flow Rate in Young Adult Females*. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy* . 14(2): 231–236.

Putra DA, Salimo H, Andarini I. 2019. *Hubungan Parameter Antropometri dengan Nilai Arus Puncak Ekspirasi pada Remaja di Surakarta*. *Sari Pediatri* . 20(6): 349–353.

Putra DP, Rahmatullah P, Novitasari A. 2012. *Hubungan Usia, Lama Kerja, dan Kebiasaan Merokok dengan Fungsi Paru pada Juru Parkir di Jalan Pandanaran Semarang*. *Jurnal Kedokteran Muhammadiyah* . 1(3): 7–12.

Ratu HAG. 2023. *Hubungan Antara Penggunaan Media Sosial Dengan Kejadian Obesitas Pada Mahasiswa Aktif S1 Fakultas Kedokteran Universitas Lampung [Skripsi]*. Universitas Lampung.

Riset Kesehatan Dasar. 2019. *Laporan Provinsi Lampung Riskesdas 2018*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (LPB).

Sahoo K, Sahoo B, Choudhury A, Sofi N, Kumar R, *et al.* 2015. *Childhood Obesity : Causes and Consequences*. *Journal of Family Medicine and Primary Care* . 4(2): 187–192.

Salsabila KN. 2019. *Hubungan Tingkat Stres Terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa Pada Laki-Laki Penderita Obesitas Sentral di Lingkungan Universitas Lampung [Skripsi]*. Universitas Lampung.

Saraswati SK, Rahmaningrum FD, Pahsya MNZ, Paramitha N, Wulansari A, *et al.* 2021. *Literature Review : Faktor Risiko Penyebab Obesitas*. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia* . 20(1): 70–74.

- Sherwood L. 2018. *Sherwood's Introduction to Human Physiology Ed 8th*. Jakarta: ECG.
- Singh M, Kumar R, Gaur S, Prasad R. 2015. Effect of Obesity and Metabolic Syndrome in Patients with Bronchial Asthma. *European Respiratory Journal* . 46(2): 120–128.
- Sudargo T. 2014. *Pola Makan dan Obesitas*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sweta, Kumar A, Prasad BK, Kumar S. 2020. Impact of Obesity Marker on Peak Expiratory Flow Rate in Young Adult Female. *World Journal of Advance Healthcare Research* . 5(2): 180–183.
- Tsao YC, Chen JY, Yeh WC, Li WC. 2019. Gender- and Age-Specific Associations between Visceral Obesity and Renal Function Impairment. *Obesity Facts* . 12(1): 67–77.
- Udomittipong K, Thabungkan T, Nimmannit A, Tovichien P, Charoensitisup P, *et al.* 2021. Obesity Indices for Predicting Functional Fitness in Children and Adolescents With Obesity. *Frontiers in Pediatrics*. [Online Jurnal] [Diunduh 2 Agustus 2023]. Tersedia di <https://doi.org/10.3389/fped.2021.789290>.
- Vishvanath L, Gupta RK. 2019. Contribution of adipogenesis to healthy adipose tissue expansion in obesity. *Journal of Clinical Investigation* . 129(10): 4022–4031.
- Wahyu I, Mourisa C. 2017. Hubungan Nilai Arus Puncak Ekspirasi Dengan Indeks Massa Tubuh Pada Mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. *Ibnu Sina Biomedika* . 1(1): 57.
- Wijaya J. 2018. Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan Arus Puncak Ekspirasi Anak Sekolah Dasar Nurul Azizi Medan [Skripsi]. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- World Health Organization. 2021. Obesity and Overweight. [Online Jurnal] [Diunduh 31 Juli 2023]. Tersedia di <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
- World Health Organization. 2022. World Obesity Day 2022 – Accelerating Action to Stop Obesity. [Online Jurnal] [Diunduh 29 Juli 2023]. Tersedia di <https://www.who.int/news/item/04-03-2022-world-obesity-day-2022->

accelerating-action-to-stop-obesity.

World Obesity Federation. 2017. Obesity and Type 2 Diabetes. [Online Jurnal] [Diunduh 1 Agustus 2023]. Tersedia di <https://www.worldobesity.org/news/idf-and-wof-release-new-policy-brief-to-address-obesity-and-type-2-diabetes>.