

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Kelebihan Berat Badan

Kelebihan berat badan dalam hal ini obesitas dan overweight mulai menjadi masalah kesehatan di seluruh dunia, bahkan WHO menyatakan bahwa obesitas dan *overweight* sudah merupakan suatu epidemi global, sehingga sudah merupakan suatu problem kesehatan yang harus segera ditangani. Di Indonesia terutama di kota-kota besar, dengan adanya perubahan gaya hidup yang menjurus ke modernisasi dan sedentary berakibat pada perubahan pola makan/konsumsi masyarakat yang merujuk pada pola makan tinggi energi dan lemak, terutama terhadap penawaran makanan siap saji (*fast food*) yang berdampak meningkatkan risiko terjadinya kelebihan berat badan pada remaja.²¹

Obesitas yaitu suatu kelainan atau penyakit yang ditandai dengan penimbunan jaringan lemak dalam tubuh secara berlebihan yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan.²¹ Secara klinis, anak obes mudah dikenali karena mempunyai ciri-ciri yang khas, antara lain wajah bulat dengan pipi tembem dan dagu rangkap, leher relatif pendek, dada membusung dengan payudara membesar, perut membuncit (*pendulous abdomen*) dan *striae* abdomen. Pada anak laki-laki dapat ditemukan penis yang tenggelam sehingga tampak kecil (*buried penis*), dan ginekomastia. Anak yang obes dapat mengalami pubertas dini, genu valgum (tungkai berbentuk “x”) dengan kedua pangkal paha bagian dalam saling menempel dan bergesekan yang dapat menyebabkan laserasi kulit.²²

Obesitas merupakan salah satu faktor risiko dari penyakit tidak menular, antara lain penyakit jantung, diabetes tipe 2, hipertensi dan sebagainya.²³ Keadaan 'obese' pada anak dapat menjadi faktor risiko yang signifikan untuk mengalami obesitas di masa dewasa, selain itu obesitas pada anak dapat menjadi masalah medis dan psikososial. Kejadian obesitas di setiap segi kehidupan sebagai hasil dari pengaruh genetik dan lingkungan. Obesitas merupakan penyakit yang kompleks karena diantaranya terkait faktor hereditas, pilihan makanan, aktivitas fisik, pengaruh media, sensasi rasa, ketersediaan tempat untuk berolahraga, ras, dan pengaruh keluarga serta sosial.²⁴ Faktor risiko utama yang menyebabkan obesitas adalah faktor perilaku yaitu pola makan yang tidak sehat ditambah dengan konsumsi serat (buah dan sayur) tidak mencukupi, fisik yang tidak aktif, dan merokok.

Pengukuran antropometri seperti indeks massa tubuh, pengukuran lingkar perut atau pinggang, dan penaksiran lemak tubuh dengan mengukur tebal lipatan kulit pada tempat-tempat tertentu dapat digunakan untuk menegakkan diagnosis obesitas pada anak.²² Seseorang dikatakan obesitas bila indeks massa tubuh $>3\text{SD}$ berdasarkan WHO 2007.²⁵

Penyebab obesitas multifaktorial, secara umum terjadi berkaitan dengan keseimbangan energi di dalam tubuh. Keseimbangan energi ditentukan oleh asupan energi yang berasal dari zat gizi penghasil energi yaitu karbohidrat, lemak dan protein serta kebutuhan energi yang ditentukan oleh kebutuhan energi basal, aktivitas fisik dan *thermic effect of food* (TEF) yaitu energi yang diperlukan untuk mengolah zat gizi menjadi energi.²⁶

Keseimbangan energi di dalam tubuh dipengaruhi oleh berbagai faktor baik yang berasal dari dalam tubuh yaitu regulasi fisiologis dan metabolisme maupun dari luar tubuh yang berkaitan dengan gaya hidup (lingkungan) yang akan mempengaruhi kebiasaan makan dan aktivitas fisik. Regulasi fisiologis dan metabolisme dipengaruhi oleh genetik dan juga oleh lingkungan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa obesitas $\pm 70\%$ dipengaruhi oleh lingkungan dan $\pm 30\%$ oleh genetik.²⁶

Obesitas terjadi sebagai hasil interaksi multifaktorial. Secara garis besar faktor-faktor yang berperan dalam terjadinya obesitas adalah²⁷ :

1) Faktor Genetik

Faktor genetik memegang peranan kuat dalam penurunan sifat obesitas (parental fatness). Obesitas dapat terjadi sejak masih bayi, diperkirakan kemungkinan menetap sampai dewasa berkisar antara 8 % pada obesitas batita dengan kedua orang tua tidak obes sampai 80 % pada remaja usia 10-14 tahun dengan salah satu orang tua obes.

Tujuh gen diketahui sebagai penyebab obesitas pada manusia yaitu gen leptin receptor, melanocortin receptor-4 (MC4R), alpha-melanocyte stimulating hormone (alpha-MSH), prohormone convertase-1 (PC1), Leptin, Bardet-Biedl, dan Dunnigan partial lipodystrophy.²⁸

2) Faktor lingkungan

Kral (2001) mengelompokkan faktor lingkungan yang berperan sebagai penyebab terjadinya obesitas menjadi lima yaitu nutrisi (perilaku

makan), aktifitas fisik, trauma (neurologis atau psikologis), medikasi (steroid), dan sosial-ekonomi.²⁹

Indeks massa tubuh untuk anak digunakan secara berbeda. Indeks untuk anak dikalkulasi sama seperti dewasa tetapi kemudian dibanding dengan nilai khusus anak lainnya yang sesuai baik laki-laki dan perempuan. Sebuah indeks massa tubuh yang kurang dari 5% dianggap kurus dan di atas 95% dianggap obesitas. Anak-anak dengan indeks massa tubuh antara 85% dan 95% dianggap memiliki kelebihan berat badan (overweight). Kurus ($IMT < 18.5$) Normal ($18.5 \leq IMT \leq 22.9$) Overweight ($23 \leq IMT \leq 24.9$) Obesitas ($IMT > 25$). Perhitungan indeks massa tubuh didapatkan dari berat badan (kg)/ tinggi badan² (m²).

Keadaan obesitas merupakan suatu keadaan inflamasi kronis derajat rendah. Pendapat ini didasari oleh adanya beberapa penanda inflamasi seperti IL-6, IL-8, Leptin, CRP, PAI-I, dan Haptoglobin yang meningkat pada individu dengan obesitas dan berkurang seiring penurunan berat badan. Hipotesis ini menyatakan bahwa obesitas, berasal dari perubahan imunologis akibat berkurangnya toleransi imunologis terhadap antigen sehingga mengarahkan sistem imun condong ke sitokin Th2 yang meningkatkan risiko alergi.³⁰

1.2 Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik atau disebut juga aktivitas eksternal ialah suatu rangkaian gerak tubuh yang menggunakan tenaga atau energi. Jenis aktivitas fisik yang sehari-hari dilakukan antara lain berjalan, berlari, berolahraga, mengangkat dan memindahkan benda, mengayuh sepeda, dan lain-lain. Setiap kegiatan fisik

menentukan energi yang berbeda menurut lamanya intensitas dan sifat kerja otot. Aktivitas fisik menentukan kondisi kesehatan seseorang. Kelebihan energi karena rendahnya aktivitas fisik dapat meningkatkan risiko kegemukan dan obesitas. Oleh karena itu, angka kebutuhan energi individu disesuaikan dengan aktivitas fisik.³¹

Aktivitas fisik didefinisikan sebagai pergerakan tubuh khususnya otot yang membutuhkan energi dan olahraga adalah salah satu bentuk aktivitas fisik. Rekomendasi dari *Physical Activity and Health* menyatakan bahwa ‘aktivitas fisik sedang’ sebaiknya dilakukan sekitar 30 menit atau lebih dalam seminggu. Aktivitas fisik sedang antara lain berjalan, jogging, berenang, dan bersepeda.³¹ Aktivitas fisik yang dilakukan setiap hari bermanfaat bukan hanya untuk mendapatkan kondisi tubuh yang sehat tetapi juga bermanfaat untuk kesehatan mental, hiburan dalam mencegah stres.³² Rendahnya aktivitas fisik merupakan faktor utama yang mempengaruhi obesitas. Kebiasaan olahraga didasarkan atas aktivitas fisik anak dalam kesehariannya antara lain kebiasaan berjalan kaki dan bersepeda.

Penelitian yang dilakukan oleh Mustelin menunjukkan bahwa terdapat hubungan bermakna antara aktivitas fisik dengan obesitas pada anak.³¹ Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa responden yang tidak rutin berolahraga memiliki risiko obesitas sebesar 1,35 kali dibandingkan dengan responden yang rutin berolahraga. Selain itu ternyata anak yang tidak rutin berolah raga justru cenderung memiliki asupan energi yang lebih tinggi dibandingkan anak yang rutin

berolah raga. Makanan dan aktivitas fisik dapat mempengaruhi timbulnya obesitas baik secara bersama maupun masing-masing.³³

Aktivitas fisik dan angka metabolisme basal (AMB) atau *basal metabolic rate* (BMR) merupakan komponen utama yang menentukan kebutuhan energi. AMB dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, berat badan, dan tinggi badan. Menurut FAO/WHO/UNU (2001) pengkategorian tingkat aktivitas fisik dengan nilai *physical activity level* (PAL) dibagi menjadi 3, yaitu ringan ($1.40 \leq \text{PAL} \leq 1.69$), sedang ($1.70 \leq \text{PAL} \leq 1.99$), dan berat ($2.00 \leq \text{PAL} \leq 2.40$). Angka kebutuhan energi dihitung dengan pendekatan pengeluaran energi, yaitu angka metabolisme basal dikali dengan tingkat aktivitas fisik.

Sedangkan bagi penderita asma melakukan aktivitas fisik atau kegiatan yang berat dapat menjadi pencetus terjadinya serangan. Lalu bagaimana jika penderita asma melakukan olahraga, olahraga justru diperlukan penderita asma untuk melatih otot dada agar pernapasan menjadi lebih lancar. Olahraga yang bisa dilakukan penderita asma bukan olahraga dengan intensitas gerakan yang cepat dan berat. Olahraga yang bisa dilakukan penderita asma antara lain latihan pernapasan, bersepeda dan renang.³⁴ Ada syarat-syarat bagi mereka yang akan melakukan latihan, yaitu: tidak dalam serangan asma, sesak dan batuk, tidak dalam serangan jantung, dan tidak dalam keadaan stamina menurun akibat flu atau kurang tidur dan baru sembuh.

Aktivitas fisik dapat diukur dengan berbagai macam cara. Satuan internasional untuk menentukan produksi panas pada aktivitas fisik adalah joule. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk suatu aktivitas fisik dinyatakan dalam

kkal/kg berat badan. Cara lain untuk menyatakan kebutuhan energi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam ml per kg berat badan, dan dinyatakan dengan METs (Metabolic Equivalent). *Energy expenditure* pada saat istirahat adalah 4,2 kilo joule per kg berat badan per jam atau 3,5 ml O₂ per kg per menit.³⁴

Klasifikasi aktivitas fisik berdasarkan METs:

- 1) Vigorous : aktivitas vigorous (dengan METs > 6 dan membutuhkan penggunaan otot-otot besar secara ritmis) minimal 3 kali/minggu dengan waktu minimal 20 menit per sesi.
- 2) Adekuat : aktivitas minimal 3 jam dan terbagi dalam minimal 5 sesi seminggu dengan intensitas aktivitas sedang (> 3,5 METs).
- 3) Inadekuat : tidak termasuk dalam 2 kategori di atas.

Kategori vigorous dan adekuat dikelompokkan sebagai aktif dan kategori inadekuat dikelompokkan sebagai pasif.

Teknik pengukuran aktivitas fisik dan *energy expenditure* yang dikenal saat ini yaitu *doubly labeled water* (DLW) merupakan baku emas non invasif untuk menilai *energy expenditure* pada anak dalam kehidupan sehari-hari. Cara pengukuran yang lain adalah kalorimetri indirek, prosedur pedometer dan akselerometer, observasi aktivitas secara langsung dan metode recall.

Prosedur pengukuran dengan pedometer adalah dengan memasang alat tersebut pada tubuh seseorang untuk memperkirakan jarak berjalan atau jumlah langkah yang diambil dalam periode tertentu. Alat ini tidak dimaksudkan untuk menilai intensitas atau pola aktivitas seseorang. Hasil penelitian di USA, Swedia, dan Australia didapatkan bahwa rerata langkah kaki untuk anak laki-laki usia 6-12

tahun adalah 15.000 langkah kaki/hari sedangkan anak perempuan pada usia yang sama adalah 12.000 langkah kaki/hari.

Nemet melakukan studi intervensi berupa latihan fisik sebanyak dua kali seminggu pada anak 6-13 tahun dengan durasi satu jam tiap kali latihan dengan treadmill, mendapatkan bukti bahwa terjadi perubahan BMI secara bermakna.

Tabel 2. Tolak Ukur Aktivitas Fisik

Kegiatan	Butuhan Energi (Kelipatan BMR)	Butuhan Energi (Kelipatan BMR)
	Laki-laki	Perempuan
Tidur	1,0	1,0
Kegiatan Ringan	1,7	1,7
Kegiatan Sedang	2,7	2,2
Kegiatan Berat	3,8	2,7
Olahraga	6,0	6,0
Santai	1,4	1,4

Penelitian di Hongkong pada tahun 2004 terhadap anak obesitas berumur 9-12 tahun dengan program intervensi diet dan olahraga selama 6 minggu dengan frekuensi 3 x 45 menit perminggu mendapatkan hasil sebagai berikut : didapatkan penurunan yang bermakna terhadap lingkaran perut, ketebalan dinding arteria, kadar kolesterol pada kedua kelompok, kelompok diet & intervensi menunjukkan perbedaan yang lebih baik. Tidak didapatkan perbedaan terhadap IMT, lemak bebas. Kadar glukosa, LDL ditemukan menurun pada kelompok diet & *exercise*.⁴

Serupa dengan penelitian tersebut pada tahun 2008 di Singapura dilakukan penelitian pada anak obesitas berumur 13-14 tahun dengan program olahraga

indoor dan outdoor selama 12 minggu dengan frekuensi 2 x 45 menit per minggu mendapatkan hasil: Program olahraga secara signifikan memperbaiki indeks massa tubuh, *lean body mass*, kesegaran jasmani, tekanan darah dan trigliserida. Kadar CRP ditemukan tinggi pada kedua kelompok, dengan program olahraga tidak didapatkan perbedaan yang bermakna.⁵

Perbedaan hasil tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenis intervensi olahraga maupun program diet yang diterapkan oleh keduanya.

Penelitian yang dilakukan oleh Department of Allergy-Pneumology, Penteli Children Hospital, P. Penteli, Greece tentang pengaruh aktifitas fisik, nutrisi, dan alergi pada anak dengan hasil analisis pada anak laki-laki yaitu peningkatan 5 kg berat badan tubuh meningkatkan gejala asma sebesar 13%, 1 jam peningkatan frekuensi dalam menonton televisi atau bermain video games meningkatkan 10% gejala asma. Selain itu, anak laki-laki dengan gejala asma 2,2 kali lebih tidak melakukan aktivitas fisik dari anak laki-laki tanpa gejala asma. Berat badan dan frekuensi menonton televisi atau bermain video games tidak berhubungan dengan gejala asma pada anak perempuan. Anak perempuan yang tidak beraktivitas selama 1 minggu memiliki resiko 63% terserang asma dibanding anak perempuan yang rutin melakukan aktivitas fisik. Tidak ada hubungan signifikan antara konsumsi makanan tertentu atau intake energi dan prevalensi gejala asma.

1.3 Asma

Asma merupakan penyakit respirasi kronis yang paling sering dijumpai pada anak. Prevalensi asma meningkat dari waktu ke waktu baik di negara maju maupun negara sedang berkembang. Peningkatan tersebut diduga berkaitan dengan pola hidup yang berubah dan peran faktor lingkungan terutama polusi baik *indoor* maupun *outdoor*.^{35,36} Prevalensi asma pada anak berkisar antara 2-30%. Di Indonesia prevalensi asma pada anak sekitar 10% pada usia sekolah dasar,³⁷ dan sekitar 6,5% pada usia sekolah menengah pertama.³⁸ Gejala asma yang paling umum adalah batuk. Batuk umumnya terjadi di malam hari, dini hari, saat cuaca dingin, dan saat beraktivitas fisik. Napas yang terdengar seperti bunyi pluit juga kesulitan bernapas. Gejala asma akan berlangsung selama 2-3 hari, atau bahkan lebih. Setelah serangan asma membaik, penderita akan membutuhkan pereda serangan (*reliever*) 3-4 kali per hari hingga batuk dan mengi menghilang.³⁴

Terdapat berbagai macam aeroalergen berupa serbuk bunga, tungau debu rumah dan bulu kucing yang setiap hari dihirup oleh manusia.³⁹ Individu secara umum baik dewasa maupun anak-anak tanpa atopi akan mengalami respon imunologis derajat rendah, berupa produksi antibodi IgG1 dan IgG4 yang spesifik terhadap alergen dan secara *in vitro* sel Th1 akan berespon terhadap alergen dengan proliferasi dan produksi IFN- γ derajat sedang. Pada individu dengan atopi contohnya asthma, terjadi respon berlebihan yang ditandai dengan produksi antibodi IgE spesifik allergen. Sel Th2 akan berespon *in vitro* terhadap alergen berupa produksi sitokin seperti IL-4, IL-5, IL-13. Terdapat berbagai macam variasi respon yang terjadi, namun tanda kunci imunopatologis penyakit

alergi yaitu infiltrasi jaringan yang terkena oleh sel Th2.⁴⁰ Lingkungan dan variasi genetik juga mempengaruhi sekitar 50% risiko penyakit alergi seperti asma.⁴¹

Patogenesis asma berkembang dengan pesat. Pada awal 60-an, bronkokonstriksi merupakan dasar patogenesis asma, kemudian pada 70-an berkembang menjadi proses inflamasi kronis, sedangkan tahun 90-an selain inflamasi juga disertai adanya *remodelling*.^{42,43}

Konsep terkini mengenai patogenesis asma adalah suatu proses inflamasi kronik spesifik, melibatkan dinding saluran respiratorik, menyebabkan aliran udara terbatas dan peningkatan reaktivitas saluran nafas. Hipereaktivitas merupakan predisposisi terjadinya penyempitan saluran respiratorik sebagai respon terhadap berbagai macam rangsangan. Gambaran inflamasi spesifik berupa aktivitas eosinofil, sel mast, makrofag dan sel limfosit T pada mukosa dan lumen saluran respiratorik. Perubahan tersebut dapat terjadi meskipun asma tidak bergejala. Terjadinya kerusakan sel tersebut secara luas berhubungan dengan derajat penyakit. Sejalan dengan proses inflamasi kronik, lepasnya epitel bronkus merangsang proses reparasi saluran respiratorik menghasilkan perubahan struktural dan fungsional yang menyimpang pada saluran respiratorik. Penyimpangan tersebut dikenal dengan istilah *remodeling*, merupakan serangkaian proses penyebab deposisi jaringan penyambung dan mengubah struktur saluran respiratorik melalui proses dediferensiasi, migrasi, diferensiasi dan maturasi struktur sel.⁴⁴

Selain upaya mencari tatalaksana asma yang terbaik, beberapa ahli membuat suatu pedoman tatalaksana asma yang bertujuan sebagai standar penanganan asma, misalnya *Global Initiative for Asthma* (GINA) dan Konsensus Internasional. Pedoman tersebut belum tentu dapat dipakai secara utuh mengingat beberapa fasilitas yang dianjurkan belum tentu tersedia, sehingga dianjurkan untuk membuat suatu pedoman yang disesuaikan dengan kondisi masing-masing negara.

Di Indonesia Unit Kerja Koordinasi (UKK) Pulmonologi dan Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI) telah membuat suatu Pedoman Nasional Asma Anak (PNAA)⁴⁵ Tatalaksana asma dibagi menjadi 2 kelompok yaitu tatalaksana pada saat serangan asma (eksaserbasi akut) atau aspek akut dan tatalaksana jangka panjang (aspek kronis). Pada asma episodik sering dan asma persisten, selain penanganan pada saat serangan, diperlukan obat pengendali (*controller*) yang diberikan sebagai pencegahan terhadap serangan asma.³⁸

Definisi asma bermacam-macam tergantung kriteria mana yang dianut. GINA mendefinisikan asma sebagai gangguan inflamasi kronis saluran nafas dengan banyak sel berperan, khususnya sel mast, eosinofil, dan limfosit T. Pada orang yang rentan inflamasi tersebut menyebabkan episode mengi berulang, sesak nafas, rasa dada tertekan, dan batuk, khususnya pada malam atau dini hari. Gejala tersebut biasanya berhubungan dengan penyempitan jalan nafas yang luas namun bervariasi, yang paling tidak sebagian bersifat reversibel baik secara spontan maupun dengan pengobatan. Inflamasi tersebut juga berhubungan dengan hipereaktivitas jalan nafas terhadap berbagai rangsangan.³⁶

Pedoman Nasional Asma Anak di dalam batasan operasionalnya menyepakatinya kecurigaan asma apabila anak menunjukkan gejala batuk dan/atau mengi yang timbul secara episodik, cenderung pada malam hari/dini hari (nokturnal), musiman, setelah aktivitas fisik, serta adanya riwayat asma dan atopi pada penderita atau keluarganya.³⁸

Untuk sampai pada diagnosis asma perlu suatu pemeriksaan tambahan seperti uji fungsi paru atau pemberian obat bronkodilator yang digunakan sebagai indikator untuk melihat respons pengobatan, bahkan bila diperlukan dapat dilakukan uji provokasi bronkus dengan histamin atau metakolin.⁴⁵ Akhir-akhir ini banyak yang berpendapat bahwa untuk menegakkan diagnosis asma pada anak di bawah lima tahun sebaiknya berhati-hati apabila tidak pernah dijumpai adanya *wheezing*.⁴⁶ Hal itu disebabkan pada usia tersebut kemungkinan batuk yang berulang hanyalah akibat infeksi respiratorik saja.

Klasifikasi asma sangat diperlukan karena berhubungan dengan tatalaksana lanjutan (jangka panjang). GINA membagi asma menjadi 4 klasifikasi yaitu asma intermiten, asma persisten ringan, asma persisten sedang, dan asma persisten berat.³⁶ Berbeda dengan GINA, PNAA membagi asma menjadi 3 yaitu asma episodik ringan, asma episodik sedang, dan asma persisten. Dasar pembagian ini karena pada asma anak kejadian episodik lebih sering dibanding persisten (kronisitas). Dasar pembagian atau klasifikasi asma pada anak adalah frekuensi serangan, lamanya serangan, aktivitas diluar serangan dan beberapa pemeriksaan penunjang.³⁸

Tabel 3. Klasifikasi Derajat Penyakit Asma pada Anak³⁸

Parameter Klinis, Kebutuhan Obat, dan Faal Paru	Asma Episodik Jarang	Asma Episodik Sering	Asma Persisten
Frekuensi serangan	< 1 x/ bulan	> 1 x/ bulan	Sering
Lama serangan	< 1 minggu	> 1 minggu	Hampir Sepanjang Tahun
Intensitas serangan	Ringan	Sedang	Berat
Di antara serangan	Tanpa ada gejala	Sering ada gejala	Gejala siang dan malam
Tidur dan aktivitas	Tidak terganggu	Sering Terganggu	Sangat terganggu
Pemeriksaan fisik diluar serangan	Normal (tidak ditemukan kelainan)	Mungkin terganggu (ditemukan kelainan)	Tidak pernah normal
Obat pengendali	Tidak perlu	Perlu, steroid	Perlu, steroid
Uji faal paru (di luar serangan)	PEF/FEV1 >80%	PEF/FEV1 60-80%	PEF/FEV1 <60%
Variabilitas faal paru	>15%	>30%	>50%

1.4 Mekanisme Pernafasan

Proses respirasi bertujuan untuk memberikan O₂ ke jaringan dan membuang karbondioksida yang dihasilkan oleh sel tubuh. Proses respirasi dimulai dari masuknya udara luar dari inhalasi udara melalui sistem respiratorik dan keluar melalui ekshalasi. Proses keluar masuknya udara ini disebut ventilasi dan inilah fungsi primer dari respirasi. Pada saat yang sama, sistem kardiovaskular melakukan proses aliran darah melalui kapiler alveoli yang disebut proses perfusi. Dua sistem ini bekerja sama dengan erat dan padu. Untuk dapat melakukan proses ventilasi dengan baik, sistem respiratorik tidak dapat berjalan sendiri, namun

memerlukan dukungan dari berbagai sistem seperti kardiovaskular dan neuromuskular.⁴⁷

Respirasi (pernafasan) melibatkan keseluruhan proses yang menyebabkan pergerakan pasif O₂ dari atmosfer ke jaringan untuk menunjang metabolisme sel, serta pergerakan pasif CO₂ selanjutnya yang merupakan produk sisa metabolisme dari jaringan ke atmosfer. Sistem pernafasan ikut berperan dalam homeostasis dengan mempertukarkan O₂ dan CO₂ antara atmosfer dan darah. Darah mengangkut O₂ dan CO₂ antara sistem pernafasan dan jaringan.⁴⁸

Proses respirasi melalui 4 tahapan, yaitu : ventilasi, difusi, sirkulasi, dan proses pertukaran gas di tingkat sel-sel.⁴⁷ Ventilasi pulmonal terjadi akibat peristiwa mekanik respirasi yang dikenal sebagai inspirasi dan ekspirasi.⁴⁹

Inspirasi merupakan fase aktif dari ventilasi oleh kontraksi otot-otot pernafasan dan diafragma mengakibatkan volume rongga dada meningkat, tekanan alveolar menurun sehingga udara mengalir ke paru dan paru mengembang. Pada ekspirasi terjadi relaksasi diafragma dan elastic recoil, volume paru menurun dan tekanan alveolar meningkat sehingga udara terdorong keluar dari paru dan paru menguncup. Peristiwa ini tergantung dari otot-otot dan dinding dada, alat-alat mekanik saluran respiratorik, dan unit penukar gas.⁴⁹

Otot-otot terpenting untuk inspirasi adalah diafragma sedangkan untuk ekspirasi adalah otot-otot dinding abdomen. Saat kontraksi, tekanan intraabdominal meningkat dan mendorong diafragma ke atas. Dinding dada, pleura, dan otot-otot pernafasan merupakan komponen terpenting dari pompa respirator dan harus berfungsi normal untuk menghasilkan ventilasi efektif .

Gangguan struktur komponen ini dapat mengakibatkan restriksi paru, gangguan fungsi ventilasi, dan gagal nafas.⁵⁰

Pada anak obesitas terjadi penumpukan berlebihan dari lemak tubuh. Penumpukan lemak di dada dan *abdomen* membatasi pergerakan dinding dada dan diafragma, berkurangnya compliance (daya kembang) paru dan meningkatkan kerja pernafasan, terutama saat anak berbaring. Lemak akan memaksa otot-otot inspirasi bekerja lebih keras untuk mengembangkan paru. Compliance paru berkurang karena alveoli kolaps, menyebabkan paru semakin kaku dan sulit mengembang selama inspirasi. Kombinasi ini mengakibatkan meningkatnya kerja respirasi.⁵⁰

Disfungsi dinding dada akan mengakibatkan gangguan paru-paru restriktif dengan pengurangan volume paru-paru, penurunan nilai arus absolut, rasio *forced expiratory volume in 1 second* (FEV1) / *forced vital capacity* (FVC) normal, berkurangnya kekuatan otot-otot pernafasan, dan penurunan respon ventilasi terhadap aktifitas fisik. Infiltrasi lemak pada otot dan penumpukan lemak subkutan menyempitkan saluran nafas atas dan membatasi visualisasi terhadap laring. Jika keadaan ini berkombinasi dengan tonsil dan adenoid yang besar dapat mengakibatkan obstruksi saluran nafas. Obesitas pada anak dapat menjadi penyulit tambahan saat intubasi.⁵¹

1.5 Uji Faal Paru

Anak dengan obesitas sering mengalami dispneu disertai mengi yang terkadang disalah artikan sebagai asma dan diberi terapi tanpa konfirmasi uji faal paru. Diagnosis akurat sangat penting karena dispneu dapat disebabkan berbagai mekanisme dan jenis penyakit yang memerlukan penanganan berbeda sehingga penatalaksanaan sebaiknya tidak hanya berdasarkan gejala, harus dikonfirmasi dengan uji faal paru.⁵¹

Fungsi paru secara sederhana dapat diukur dengan menggunakan alat *Mini Wright Peak Flow Meter (MWPFM)* sebuah spirometer lapangan yang mudah penggunaannya.⁵²

Cara kerja alat ini berdasarkan azas mekanika, di mana deras arus udara diukur dengan gerakan piston yang terdorong oleh arus udara yang ditiupkan melalui pipa peniup. Piston akan mendorong jarum petunjuk (marker). Karena piston dikaitkan dengan sebuah pegas, maka setelah arus berhenti, oleh gaya tarik balik (recoil) piston tertarik ke kedudukan semula dan jarum penunjuk tertinggal pada titik jangkauan piston terjauh. Nilai APE dibaca pada titik tunjuk jarum penunjuk tersebut.¹⁷

1.6 Arus Puncak Ekspirasi

Arus puncak ekspirasi adalah kecepatan maksimum arus yang dihasilkan saat ekspirasi, biasanya terjadi pada 150 milidetik pertama dari manuver ekspirasi paksa. arus puncak ekspirasi ini diukur dalam satuan liter / menit dan dapat menunjukkan adanya penurunan kemampuan fungsi paru sejak dini. Nilai APE

meningkat seiring kenaikan tinggi badan dan berat badan. Ini sesuai dengan kepustakaan yang menyatakan bahwa nilai APE dipengaruhi oleh jenis kelamin, usia, tinggi badan, dan berat badan.⁵²

Untuk menggunakan *peak flow meter*, anak harus berdiri dengan indikator mengarah ke bawah, kemudian anak mengambil nafas dalam dan meniup dengan kuat dan cepat hingga indikator penunjuk bergerak pada skala. Nilai yang diambil adalah nilai *peak expiratory flow rate* (PEFR)/ arus puncak ekspirasi (APE) tertinggi yang diperoleh setelah tiga kali berturut-turut diulang. Pada anak nilai terbaik adalah nilai APE tertinggi yang dicapai setelah dua minggu dalam keadaan stabil. Rencana tertulis dibuat berdasarkan nilai anak yang terbaik. Adanya tiga zona APE, yaitu zona hijau menunjukkan 80-100% dari nilai terbaik anak, pada zona ini gejala asimtomatik. Zona kuning menunjukkan APE 50-80%, gejala sudah tampak. Sedangkan zona merah menunjukkan APE <50%, merupakan keadaan gawat darurat dan harus segera menghubungi dokter atau rumah sakit.⁵³

Beberapa studi telah dilakukan untuk menghubungkan obesitas dengan fungsi paru, di mana sebagian besar peneliti mendapatkan bukti adanya restriksi dengan penurunan bermakna dari functional residual capacity (FRC), total lung capacity (TLC), dan vital capacity (VC). Penurunan FRC berkombinasi dengan rendahnya expiratory reserve volume (ERV) dimana penurunan ERV merupakan uji faal paru yang paling sensitif pada obesitas.⁴⁹