

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Aktivitas Fisik

2.1.1.1. Definisi Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik adalah semua gerakan tubuh yang dihasilkan dari kontraksi otot rangka yang menaikkan kecepatan metabolisme dan dikarakteristikan dengan modalitasnya, frekuensi, intensitas, durasi dan jenis dari aktivitas fisik tersebut (Thivel et al., 2018).

Pada pendapat lain, aktivitas fisik dapat diartikan sebagai kondisi dimana seseorang memiliki energi yang cukup untuk menyelesaikan tugas-tugas sehari-hari tanpa mengalami kelelahan yang berarti dan aktivitas fisik memiliki komponen terkait kesehatan, seperti kebugaran kardiorespiratori, kekuatan otot, daya tahan otot, fleksibilitas dan komposisi tubuh, serta komponen terkait kemampuan atletis yang meliputi kecepatan, kekuatan, kelincahan, koordinasi, keseimbangan, dan reaksi (Amanati & Jaleha, 2023).

Banyak keuntungan yang didapatkan dari tubuh yang aktif secara fisik (Hegde, 2018), yaitu:

- a. Meningkatkan kebugaran kardiorespiratori
- b. Kebugaran kardiorespiratori penting untuk kesehatan yang biasanya diukur menggunakan ambilan oksigen maksimum (VO_2max).
- c. Meningkatkan kesehatan mental
- d. Respons kompleks organ multi-sistem untuk meningkatkan kesehatan secara keseluruhan
- e. Poligenitas latihan mengacu pada interaksi kompleks antara beberapa gen yang mempengaruhi respons individu terhadap latihan. Respons ini melibatkan berbagai sistem dalam tubuh, seperti sistem kardiovaskular, muskuloskeletal, dan

metabolisme. Melalui proses adaptasi dan perbaikan pada tingkat seluler, molekuler, dan fisiologis, latihan dapat meningkatkan hasil kesehatan secara keseluruhan.

2.1.1.2. Kategori Aktivitas Fisik

Secara garis besar, aktivitas fisik dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama: aktif dan tidak aktif. Individu yang tergolong dalam kategori "aktif" adalah mereka yang melakukan latihan fisik dengan intensitas sedang atau tinggi, atau bahkan kombinasi keduanya. Di sisi lain, mereka yang tergolong dalam kategori "tidak aktif" adalah mereka yang tidak melakukan aktivitas fisik yang membutuhkan intensitas yang signifikan. Jenis-jenis aktivitas fisik dapat dibedakan berdasarkan efek fisiologis yang ditimbulkannya, seperti aktivitas aerobik, anaerobik, pembentukan otot dan tulang, latihan keseimbangan, dan fleksibilitas (Romadhoni et al., 2022).

Menurut *The Physical Activity Guidelines for Americans*, tipe dari aktivitas fisik meliputi (Piercy et al., 2018):

a. Aerobik

Disebut juga dengan *endurance* atau kardio adalah gerakan otot besar secara ritmik yang dilakukan berkelanjutan. Aerobik mempunyai tiga komponen, yaitu intensitas, frekuensi, dan durasi.

b. Kekuatan otot (*Strength*)

Rangkaian ini meliputi pelatihan ketahanan (*resistance*) dan angkat beban (*weightlifting*) yang menyebabkan otot bekerja lebih untuk menahan gaya atau beban. Kegiatan penguatan otot memiliki tiga komponen penting, yaitu intensitas, frekuensi, serta jumlah set dan repetisi.

c. Penguatan tulang (*bone-strengthening*)

Aktivitas penguatan tulang (juga dikenal sebagai aktivitas berat atau beban) menghasilkan gaya pada tulang-tulang dalam tubuh yang merangsang pertumbuhan dan kekuatan tulang.

d. Keseimbangan (*balance*)

Aktivitas jenis ini akan meningkatkan kemampuan tubuh untuk menjaga posisinya tetap dan tidak jatuh ketika dalam kondisi stasioner maupun bergerak.

e. Multikomponen

Aktivitas fisik multikomponen mencakup kombinasi dari latihan keseimbangan, penguatan otot, dan aktivitas fisik aerobik. Selain itu, program-program ini juga dapat melibatkan latihan gerakan berjalan, koordinasi, dan fungsi fisik. Aktivitas rekreasi, seperti menari, berkebun, atau olahraga juga dapat dianggap sebagai program multikomponen.

2.1.1.3. Intensitas dan Rekomendasi

Menurut *The Physical Activity Guidelines for Americans*, intensitas aktivitas fisik dapat diukur secara absolut dan relatif. Intensitas secara absolut diukur berdasarkan energi yang dikeluarkan tiap aktivitas tanpa mempertimbangkan kebugaran kardiorespirasi individu atau kapasitas aerobik, diukur menggunakan *Metabolic Equivalent of Task* (MET) dimana 1 MET setara dengan tingkat metabolik saat duduk atau tidak melakukan apapun. Untuk intensitas sedang memiliki 3-5,9 METs dan sementara untuk intensitas berat ada di nilai ≥ 6 METs. Intensitas secara relatif dilihat dari usaha yang dikeluarkan untuk melakukan aktivitas dibandingkan dengan kapasitas individu sehingga nilai aktivitas fisik akan lebih tinggi skalanya pada orang yang memiliki kapasitas aerobik rendah. Pembagian skalanya adalah dari 0 sampai 10, dimana intensitas sedang ada di angka 5 atau 6, dan intensitas berat mulai di nilai 7 atau 8. (Piercy et al., 2018)

Untuk mendukung kesehatan dan kualitas hidup, WHO merekomendasikan waktu aktivitas fisik sesuai dengan kelompok umur dan kondisi terlampir pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rekomendasi waktu aktivitas fisik sesuai rekomendasi WHO

No	Kelompok Umur atau Kondisi Tertentu	Rekomendasi waktu (menit)	Intensitas	Tambahan
1	Anak dan Remaja (5-17 tahun)	60	sedang-berat	3 hari/per minggu aerobik intensitas tinggi
2	Dewasa (18-64 tahun)	150-300 atau 27-150	sedang-berat atau berat	2 hari/per minggu latihan otot sedang-berat
3	Lanjut usia (≥ 65 tahun)	150-300 atau 25-150	sedang atau berat	2 hari/per minggu latihan kekuatan otot atau 3 hari/per minggu latihan keseimbangan dan fungsional
4	Wanita hamil dan post partum	150	sedang	kombinasi antara aerobik, kekuatan otot, dan peregangan.
5	Dewasa dengan kondisi kronik	150-300 atau 75-150	sedang atau berat	2 hari/per minggu latihan kekatan otot atau 3 hari/per minggu latihan keseimbangan dan fungsional
6	Anak dan remaja dengan disabilitas	60	sedang-berat	3 hari/per minggu aerobik intensitas tinggi
7	Dewasa dengan disabilitas	150-300 atau 75-150	sedang atau berat	2 hari/per minggu latihan otot sedang-berat

Sumber: (World Health Organization, 2020)

2.1.1.4. Macam-macam Pemeriksaan Aktivitas Fisik

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menilai aktivitas fisik. Saat memilih teknik pengukuran, para peneliti dan praktisi perlu mempertimbangkan tidak hanya kelayakan dan

praktikalitas pengukuran, tetapi juga efektivitas metodologi, seperti validitas, reliabilitas, dan sensitivitas (Dowd et al., 2018). Sylvia (Sylvia et al., 2014) membagi metode pengukuran aktivitas fisik menjadi beberapa kategori :

a. Kuesioner Pelaporan Individu

Metode yang paling sering digunakan dalam mengevaluasi aktivitas fisik adalah menggunakan kuesioner, yang mengandalkan kemampuan peserta untuk mengingat dan melaporkan aktivitas mereka. Keuntungan dari metode ini adalah hemat biaya, upaya administrasi yang lebih mudah, dan akurat dalam mengukur intensitas aktivitas, yang nanti akan dikelompokkan berdasarkan rendah, sedang, dan tinggi. Kelemahan dari metode ini adalah kurangnya akurasi dalam melaporkan intensitas aktivitas rendah dan sedang, menganalisis pengeluaran energi dan terdapat limitasi dari bahasa atau pemahaman pengisi kuesioner. Oleh karena itu, kuesioner cocok diterapkan pada pengambilan data kelompok daripada individual.

b. Diari/Logbook/Jurnal Aktivitas yang Dilaporkan Individu

Jurnal aktivitas fisik meminta partisipan untuk melaporkan aktivitas fisik berdasarkan waktu yang sebenarnya dan dapat mengatasi beberapa limitasi dari kuesioner. Contohnya, *Bouchard Physical Activity Record (BAR)* yang meminta partisipan untuk melaporkan aktivitas fisik setiap interval 15 menit per hari dalam jangka waktu 3 hari.

c. Observasi Langsung

Diperlukan sukarela untuk melakukan observasi dan pencatatan aktivitas fisik. Metode ini populer digunakan pada anak kecil atau individu yang memiliki kesulitan mengingat aktivitas fisik apa yang dilakukan. Metode ini cukup fleksibel karena tergantung dari informasi apa yang akan digabungkan

serta seberapa detail sukarela dalam pencatatan aktivitas fisik. Kelemahan dari metode ini adalah pengeluaran (biaya), sumber daya, tenaga, dan waktu yang dikeluarkan cukup tinggi, sulitnya mendapatkan izin etik, serta kurangnya objektivitas dalam pengukuran pengeluaran energi.

d. Perangkat: Akselerometer

Akselerometer adalah alat yang mengukur percepatan (dalam bentuk hitungan) secara langsung dan mendeteksi gerakan dalam tiga bidang berbeda (anteroposterior, mediolateral, dan vertikal). Hitungan tersebut kemudian diubah menjadi metrik yang relevan, baik berupa data biologis (misalnya, pengeluaran energi) maupun pola aktivitas fisik (misalnya, keadaan diam). Alat ini dapat dipasang di berbagai bagian tubuh, seperti pinggang, pinggul, dan paha.

Keunggulan akselerometer termasuk kemampuan memantau secara langsung setiap menit, mengukur tingkat intensitas, dapat digunakan dengan mudah oleh anak-anak kecil, akurat dalam merekam perilaku statis dan dinamis, dan memiliki kapasitas memori yang besar. Namun, penggunaan akselerometer memerlukan biaya yang tinggi dan membutuhkan keahlian teknis.

e. Perangkat: Pedometer

Pedometer merupakan alat yang mengukur jumlah langkah yang diambil dengan menggunakan lengan pengungkit horizontal yang tergantung pada pegas. Pengukuran ini terjadi ketika pinggul subjek berakselerasi secara vertikal dengan gaya yang melebihi batas tertentu yang telah ditentukan. Keunggulan pedometer terletak pada kesederhanaannya, biaya yang relatif terjangkau, dan kemampuannya untuk mengukur durasi singkat dari aktivitas fisik (yang sering terlewatkan oleh metode laporan diri). Pedometer terbukti

memberikan data yang paling akurat untuk kegiatan lari dan jalan dengan intensitas sedang, karena gerakan ini memerlukan pergerakan vertikal maju. Namun, pedometer memiliki beberapa kelemahan, antara lain ketidakmampuan untuk merekam aktivitas fisik yang melibatkan gerakan horizontal saat dalam keadaan tidak aktif, aktivitas rekreasi, atau gerakan hanya pada bagian atas tubuh.

f. Perangkat: *Heart Rate Monitor*

Pemantauan detak jantung adalah salah satu indikator fisiologis untuk mengukur aktivitas fisik dan pengeluaran energi, yang memberikan data waktu secara nyata tentang durasi, intensitas, dan frekuensi aktivitas fisik dengan cara yang tidak mengganggu (misalnya, dapat dipakai di tangan, seperti jam tangan atau ditempelkan di dada), dengan usaha yang minim, dan dapat dilakukan selama periode hingga satu bulan.

g. Perangkat: *Armbands*

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi *armbands* telah dikembangkan dan divalidasi, yang menggunakan sensor gerakan dan sensor terkait panas untuk mengukur pengeluaran energi dan memantau aktivitas fisik metabolisme. Oleh karena itu, *armbands* terbukti menjadi perangkat yang sangat baik untuk kegiatan sehari-hari (atau aktivitas ringan hingga sedang), tetapi tidak ideal untuk latihan intensitas tinggi.

2.1.1.5 Metabolic Equivalent of Task (MET)

MET atau *Metabolic Equivalent of Task* berfungsi sebagai metode untuk menilai pengeluaran energi dari aktivitas fisik. Metode ini melibatkan pengukuran laju metabolisme dari suatu aktivitas tertentu dibandingkan dengan laju referensi sebesar 3,5ml/O₂/kg/menit (Ashok et al., 2017). Untuk memastikan bahwa pengukuran intensitas aktivitas dan pengeluaran energi konsisten di antara individu dengan berat yang bervariasi, digunakan ukuran

yang dikenal sebagai MET. Ukuran ini mempertimbangkan baik aktivitas yang dilakukan maupun berat badan individu tersebut. Namun, penting untuk dicatat bahwa pengeluaran energi sebenarnya selama aktivitas dipengaruhi oleh berat badan seseorang, yang berarti pengeluaran energi dari aktivitas yang sama akan berbeda tergantung pada berat badan individu. Itulah mengapa penting untuk mempertimbangkan baik ukuran MET maupun berat badan individu saat menilai intensitas aktivitas dan pengeluaran energi (Ashok et al., 2017).

2.1.2 Sistem Pernapasan Manusia

Sistem respirasi adalah salah satu dari sistem organ penting dalam tubuh manusia untuk mengatur homeostasis dan pembentukan energi oleh sel-sel dalam tubuh. Respirasi melibatkan beberapa proses untuk memindahkan oksigen (O_2) secara pasif dari atmosfer bumi ke jaringan tubuh manusia untuk mendukung metabolisme seluler. Metabolisme tubuh manusia meliputi perpindahan karbondioksida (CO_2) secara pasif juga dari jaringan ke atmosfer sehingga terjadi pertukaran antara oksigen dengan karbondioksida (Sherwood, 2015).

2.1.2.1. Ventilasi Pulmonal

Ventilasi pulmonal atau bernapas merupakan proses keluar masuknya udara dari atmosfer ke paru. Aliran udara dari atmosfer ke alveolus dari paru terjadi karena perubahan tekanan yang dihasilkan dari kontraksi dan relaksasi dari otot respiratorik.

Perubahan dari tekanan yang terjadi pada proses bernapas memfasilitasi keluar serta masuknya udara dari atmosfer. Udara bisa keluar dari paru ketika tekanan udara di dalam paru lebih tinggi daripada tekanan atmosfer. Inhalasi atau inspirasi merupakan proses menarik napas. Tekanan dalam paru terbagi atas tekanan alveolar dan tekanan intrapleural. Tekanan alveolar merupakan

tekanan di dalam paru dan bernilai sama dengan tekanan atmosfer, yaitu 760 mmHg. Ketika inspirasi, volume dada membesar sehingga tekanan alveolar mengecil dan terjadi aliran udara dari tekanan yang tinggi (atmosfer) ke tekanan rendah (paru). Sementara untuk tekanan intrapleural merupakan tekanan yang terjadi di antara ruang kavitas pleura. Tekanan intrapleural selalu bernilai negatif dan lebih kecil dari pada tekanan atmosfer. Tekanan yang bernilai negatif ini berfungsi sebagai vakum ketika paru mengembang saat inspirasi, pleura viseralis akan menempel pada dinding toraks sehingga paru tidak mengembang secara berlebihan.

Ekshalasi atau ekspirasi merupakan keluarnya gas karbondioksida dari paru akibat perbedaan gradien tekanan, dimana tekanan alveolar lebih tinggi dibanding tekanan atmosfer. Proses ini cukup lain dari proses inspirasi, karena proses ini tidak melibatkan otot pernapasan dalam pengeluaran karbondioksida. Saat berolahraga, terjadi kontraksi otot pernapasan yang ada di abdominal dan interkosta sehingga meningkatkan tekanan di dalam paru. Oleh karena itu, pada orang yang sedang berolahraga terlihat individu terengah-engah karena proses ekspirasi untuk memenuhi kebutuhan energi selama berolahraga (Sherwood, 2015).

2.1.3 Anatomi Sistem Pernapasan Manusia

Sistem respirasi manusia secara anatomis terbagi atas traktus respiratorik superior dan traktus respiratorik inferior. Saluran respirasi bagian atas terdiri dari hidung, tenggorokan, dan pita suara. Sedangkan, saluran respirasi bagian bawah terdiri dari tabung udara (trakea), cabang-cabang besar (bronkus), cabang-cabang kecil (bronkiolus), serta struktur lebih kecil, seperti duktus alveolus dan rongga alveolus. Selain secara anatomis, sistem respirasi manusia terbagi atas sifat fisiologisnya, yaitu zona konduksi dan zona

respiratorik. Zona konduksi meliputi Hidung, tenggorokan, pita suara, tabung udara (trakea), cabang besar (bronkus), dan cabang kecil (bronkiolus). Untuk zona respiratorik terdiri dari duktus alveolus sampai alveolus (Patwa & Shah, 2015).

2.1.3.1 Hidung

Hidung berperan sebagai struktur yang memungkinkan udara dari lingkungan masuk ke dalam tubuh dan keluar dari tubuh. Hidung terdiri dari dua bagian, yaitu hidung bagian eksternal dan hidung bagian internal (Tortora & Derrickson, 2017).

2.1.3.2. Faring dan laring

Setelah udara masuk melalui pintu masuk, yaitu hidung, udara akan masuk ke faring. Faring adalah dua percabangan dari saluran pernapasan (nasofaring) dan saluran pencernaan (orofaring). Faring memiliki fungsi utama yaitu menyediakan saluran bagi udara dan memisahkan antara jalur makanan dan pernapasan serta menyediakan ruang untuk resonansi suara percakapan (Fernandez & Saturti, 2018).

Laring merupakan batas dari saluran pernapasan bagian atas dan merupakan bagian pertama dari saluran pernapasan bagian bawah

2.1.3.3. Trakea

Trakea berbentuk tabung yang disusun oleh jaringan otot polos dan cincin kartilago Trakea memiliki panjang 10-12 cm pada orang dewasa dan dilapisi oleh epitel yang khas dan mengandung kelanjat mukosa respiratorik. Pada bagian dindingnya disusun oleh tulang rawan kartilago untuk memperkuat struktur serta memastikan bahwa lumen trakea selalu terbuka (Mescher, 2018; Patwa & Shah, 2015).

2.1.3.4. Bronkus dan bronkiolus

Trakea berlanjut sampai carina yang merupakan batas terbawah trakea yang membagi menjadi dua yaitu bronkus kanan

dan bronkus kiri utama. Bronkus utama ini disebut juga dengan bronkus primer yang akan berlanjut menjadi struktur bronkus selanjutnya dan membentuk struktur bernama segmen bronkopulmonal. Bronkus dan bronkiolus yang terus mengecil sampai sakus alveolar terbagi menjadi dua zona yaitu konduksi dan respiratorik. Bronkus utama sampai bronkiolus terminal termasuk dalam zona konduksi, yaitu sebagai penghantar udara. Sementara, untuk bronkiolus respiratorik sampai sakus alveolus merupakan zona respiratorik (Patwa & Shah, 2015).

Bronkus primer memiliki diameter sekitar 1-2 mm dengan struktur yang mirip dengan trakea. Struktur kartilago pada bronkus primer sampai bronkus sekunder memiliki perubahan pada cincin kartilago yang akan digantikan oleh lempeng kartilago hialin. Bronkiolus merupakan lanjutan dari bronkus dan memiliki struktur yang berbeda, yaitu tidak memiliki kartilago dan kelenjar pada mukosanya. Bronkiolus respiratorius merupakan batas awal dari zona respiratorik. Bronkiolus respiratorius akan bercabang menjadi saluran duktus alveolaris dan kantung alveolar (Mescher, 2018).

2.1.3.5. Paru

Paru memiliki bentuk yang mengikuti struktur sekitarnya yang dikelilingi oleh tulang rusuk. (Newell, 2011).

Struktur paru secara makroskopis memiliki lobus yang dipisahkan oleh fisura. Lobus paru kanan terdiri dari lobus superior, medial, dan inferior. Untuk paru kiri terdiri dari lobus superior dan lobus inferior. (Krenke & Mierzejewski, 2021). Alveolus, duktus alveolar, dan sakus alveolar merupakan porsi pertukaran gas pada paru yang terletak pada parenkim paru. Struktur ini mencakup 80-90% dari volume paru (Mack et al., 2021).

2.1.3.6. Otot pernapasan

Dinding toraks merupakan bagian struktur pelengkap sistem pernapasan yang diperlukan agar sistem pernapasan bisa bekerja

dengan baik. Otot pernapasan terdiri dari otot penyusun dinding toraks itu sendiri. Secara spesifik, otot pernapasan yang berperan langsung ketika proses inspirasi dan berelaksasi ketika proses ekspirasi untuk memfasilitasi pertukaran gas oksigen dan karbondioksida. Menurut fungsi, otot pernapasan terbagi atas otot inspirasi dan otot ekspirasi. Otot inspirasi, yaitu muskulus interkosta eksterna, muskulus interkartilagus parasternal, diafragma (Djojodibroto, 2012).

Selain itu, terdapat otot inspirasi tambahan atau otot respiratori aksesorius yang disebut juga otot bantu napas. Otot bantu napas, yaitu muskulus sternokleidomastoideus, muskulus scalenus anterior, muskulus scalenus medius, muskulus skalenus posterior (Djojodibroto, 2012).

2.1.4 Volume dan Kapasitas Paru

Volume dan kapasitas paru diukur menggunakan spirometer. Spirometer merupakan alat yang mengukur volume statik dan volume dinamik paru. Volume paru statis merupakan volume paru yang tidak terkait dengan waktu dan kecepatan ventilasi. Sementara itu, untuk volume dinamis diukur dengan mempertimbangkan waktu dan kecepatan ventilasi.

Tabel 2.2 Nilai Rata-Rata Kapasitas Dan Volume Paru Pada Dewasa Muda Pria Dan Wanita.

VOLUME DAN KAPASITAS PARU	PRIA	WANITA
Volume (ml)		
Volume tidal	500	400
Volume cadangan inspirasi	3000	1900
Volume cadangan ekspirasi	1100	700
Volume residual	1200	1100

Kapasitas (ml)

Kapasitas inspirasi	3500	2400
Kapasitas residual fungsional	2300	1800
Kapasitas vital	4600	3100
Kapasitas total paru	5800	4200

Sumber: (Rasmin et al., 2017).

2.1.4.1 Volume Paru Statis

- Volume tidal (VT) merupakan volume yang dikeluarkan saat inspirasi dan ekspirasi normal. Volume ini mencakup udara yang memenuhi alveolus dan udara yang memenuhi saluran pernapasan.
- Volume cadangan inspirasi (IRV) dan ekspirasi (ERV) adalah volume ketika seseorang melakukan inspirasi dan ekspirasi secara maksimal. Manuver ini menyebabkan volume paru tambahan digunakan sehingga jumlah volume yang dihasilkan akan lebih besar masing-masing 3000 ml dan 1200 ml.
- Volume residual (RV) adalah volume udara yang tertinggal di paru setelah subjek melakukan ekspirasi maksimal. Volume residual ini tidak dapat diukur dengan spirometri.

2.1.4.2. Kapasitas Paru Statis

- Kapasitas inspirasi (IC) merupakan penjumlahan dari volume tidal dan volume cadangan inspirasi, bernilai sekitar 3500 ml.
- Kapasitas residual fungsional (FRC) adalah penjumlahan dari volume cadangan ekspirasi dengan volume residual bernilai 2400 ml. FRC adalah volume yang tertinggal di paru setelah ekspirasi dan bisa dikatakan sebagai volume ekuilibrium.
- Kapasitas vital (VC) adalah penjumlahan dari kapasitas inspirasi dan volume cadangan ekspirasi bernilai 4700 ml.

2.1.4.3. Volume Paru Dinamis

- Kapasitas vital paksa (FVC) merupakan volume udara yang keluar saat subjek menghembuskan napas secara maksimal yang dimulai dengan inspirasi maksimal.

- b. Volume ekspirasi detik pertama (FEV_1) adalah volume udara maksimal yang dihembuskan pada detik pertama ekspirasi paksa dari posisi inspirasi maksimal.
- c. Arus puncak ekspirasi (PEF) merupakan laju kecepatan ekspirasi maksimal seseorang yang dihitung per detik.
- d. *Forced expiratory flow in 25-75%* ($FEF_{25-75\%}$) adalah aliran ekspirasi pada nilai 25% sampai 75% bagian dari FVC diambil dari hitungan terbesar FEV_1 dan FVC (Rasmin et al., 2017).

2.1.5 Respons Sistem Respirasi terhadap Aktivitas Fisik

Menurut *American Physiological Society*, aktivitas fisik dapat menyebabkan hal-hal berikut dalam sistem respirasi.

a. Ventilasi

Terjadi peningkatan ventilasi alveolar karena adanya produksi CO_2 yang meningkat saat berolahraga. Mekanisme CO_2 menjadi penyebab tersebut masih kurang di literatur, karena belum teridentifikasinya stimulus spesifik atau reseptor. Salah satu konsep teori adalah adanya memori yang menunjukkan bahwa pernapasan akan beradaptasi seiring waktu untuk melacak produksi CO_2 yang meningkat sehingga mengoptimalkan eliminasi CO_2 saat berolahraga.

b. Otot pernapasan

Diafragma dan otot pernapasan lainnya memiliki perbedaan dibandingkan otot ekstremitas ketika berolahraga.

1. Otot diafragma memiliki volume mitokondria, densitas kapiler, dan kapasitas aerobik yang lebih tinggi.
2. Olahraga yang berat tidak memicu kelelahan yang berarti pada otot diafragma dan otot ekspirasi.
3. Arteriola diafragma mengalami vasokonstriksi minimal, hal ini dikarenakan untuk melindungi respons simpatis ketika berolahraga.

4. Otot torso dan leher mendukung olahraga berat

Ketika berolahraga, otot penapasan memicu berkurangnya ukuran saluran pernapasan, volume tidal, dan tekanan paru. Walaupun begitu, otot respirasi mengonsumsi oksigen yang lebih sedikit dibanding otot lainnya.

c. Vaskularisasi

Vaskularisasi pulmonal cocok untuk mengakomodasi curah jantung (*cardiac output*) karena memiliki dinding yang tipis, komplians, dan struktur yang dapat teregang. Struktur ini memungkinkan terjadinya rekrutmen pembuluh darah yang lebih banyak sehingga vaskularisasi meningkat tiga kali lipat ketika berolahraga dan transit sel darah merah lebih lama di paru.

d. Pertukaran Gas

Ketika berolahraga, terjadi inefisiensi pertukaran gas akibat meningkatnya perbedaan oksigen alveolus-arteri ($A-aDO_2$) sebanyak dua sampai tiga kali dibandingkan level istirahat saat $VO_2\max$ 3-3,5 L/menit. Hal ini karena distribusi oksigen yang kurang merata di seluruh regio paru saat berolahraga. Oleh karena itu, terjadi respons hiperventilasi untuk menyeimbangkan peningkatan $A-aDO_2$ dan mencegah hipoksemia arteri. Terakhir, meskipun olahraga meningkatkan aliran plasma ke dalam cairan interstisial paru, kemampuan limfatik toraks yang kuat mencegah pergerakan cairan ke alveolar sehingga akan menjaga efisiensi pertukaran gas.

2.1.6 Spirometri

2.1.6.1. Definisi Spirometri

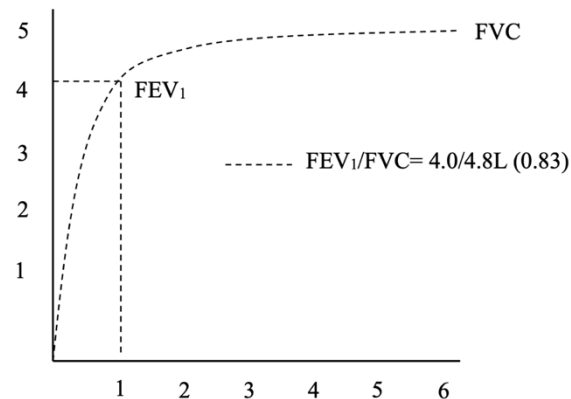
Spirometri adalah tes yang dilakukan menggunakan alat spirometer. Spirometer merupakan alat yang mudah diakses, noninvasif, dan relatif sederhana untuk mengukur fungsi paru. Spirometri memiliki indikasi dalam pemeriksaannya, yaitu

mengevaluasi gejala dan tanda gangguan pulmonal, mengukur tingkat keparahan obstruksi saluran napas, memonitor penyakit dan respons individu terhadap pengobatan, serta memeriksa risiko pulmonal sebelum dilakukannya operasi. Spirometri menilai fungsi paru dengan volume paru statis dan volume paru dinamis (Krol et al., 2019).

Pemeriksaan spirometri merupakan sebuah metode skrining dan diagnostik dalam pemeriksaan fisiologi paru dasar. Pemeriksaan ini dapat menjawab dua pertanyaan penting, yaitu seberapa besar volume paru yang dapat diinspirasi dan diekspirasi, serta waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan volume tersebut. Dalam interpretasi hasil tes spirometri, perlu dilakukan tiga kali manuver dengan hasil yang dapat diterima dan dipertanggungjawabkan (Krol et al., 2019).

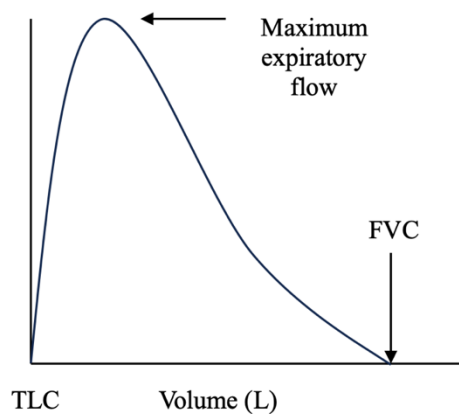
2.1.6.2. Fungsi Paru Normal

Interpretasi dari spirometri melihat dari nilai FEV₁, FVC, dan FEV₁/FVC, dibandingkan dengan nilai normal, serta melihat gambaran kurva spirogram. Pada pasien dengan fungsi paru normal, kurva harus naik secara cepat dan halus ke atas dengan *plateau* pada detik ke-3 sampai 4 seperti pada gambar. Pada penyakit paru obstruktif, pasien akan kesulitan untuk menghembuskan napas sehingga grafik akan terlihat lebih landai dan waktu yang diperlukan jauh lebih lama.



Gambar 2.1 Grafik spirogram normal: *Volume-time curve*

Sumber: (GOLD, 2023)



Gambar 2.2 Grafik spirogram normal: *Flow-volume curve*

Sumber: (GOLD, 2023)

2.1.7 Interpretasi Spirometri

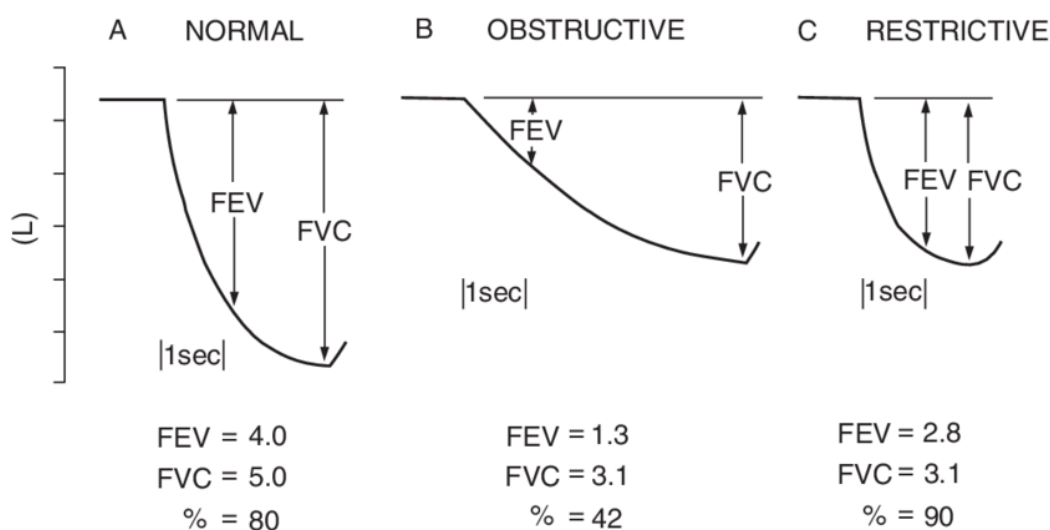
Menurut panduan oleh Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) 2017, sebelum melakukan prosedur spirometri, catat terlebih dahulu umur, jenis kelamin, dan tinggi badan dari pasien, karena hal tersebut dapat memengaruhi hasil dari spirometri. Jika pasien merupakan ras Asia atau Afro-Karibia maka nilai normal harus diturunkan 10% lebih rendah dari ras Kaukasia (GOLD, 2023).

Spirometri memiliki grafik yang khas dan menunjukkan kelainan paru obstruktif, restriktif, maupun fungsi paru normal yang ditunjukkan dari nilai FEV₁, FVC, FEV₁/FVC, serta menilai grafik spirogram, seperti pada tabel dan gambar berikut

Tabel 2.3 Perbandingan nilai FEV₁, FVC, FEV₁/FVC pada fungsi paru normal, obstruktif, dan restriktif

Fungsi Paru	FEV ₁ (liter)	FVC (liter)	FEV ₁ /FVC (%)
Normal	4	5	80
Obstruktif	1,8	3,2	56
Restriktif	2,8	3,1	90

Sumber: (GOLD, 2023).



Gambar 2.3 Perbandingan Kurva Spirogram Normal, Obstruktif, Restriktif

Sumber: (Rahman & Siddiqui, 2017)

2.1.8 Nilai Normal Fungsi Paru Bagi Orang Indonesia

Pada tahun 1992, Pneumobile Project Indonesia (PPI) melakukan penelitian tentang nilai normal fungsi paru bagi orang Indonesia dilihat

berdasarkan umur (tahun) dan tinggi badan (cm) (Lapono, 2014). Dari sepengetahuan peneliti, sejauh ini belum ada penelitian terbaru mengenai nilai normal fungsi paru bagi orang Indonesia. Nilai normal dapat dilihat dalam tabel berikut yang diadaptasi dari Tabel Nilai Normal Fungsi Paru Bagi Orang Indonesia dari Pneumobile Project Indonesia tahun 1992.

Tabel 2.4 Nilai Normal *Forced Vital Capacity*/FVC (ml) Jenis Kelamin Pria

Umur/TB	160	162	164	166	168	170	172
18	3419	3516	3613	3710	3807	3904	4001
19	3480	3577	3674	3771	3868	3965	4062
20	3541	3638	3735	3832	3929	4026	4123
21	3595	3692	3789	3886	3983	4080	4177
22	3578	3692	3789	3886	3983	4063	4160
23	3562	3659	3756	3853	3950	4047	4144
24	3545	3642	3739	3836	3933	4030	4127

Sumber: (Lapono, 2014)

Tabel 2.5 Nilai Normal *Forced Vital Capacity*/FVC (ml) Jenis Kelamin Wanita

Umur/T	154	156	158	160	162	164	166	168	170
B									
18	2655	2727	2799	2870	2942	3014	3085	3157	3229
19	2684	2755	2827	2899	2970	3042	3114	3185	3257
20	2712	2784	2855	2927	2999	3070	3142	3214	3285
21	2786	2858	2929	3001	3073	3144	3216	3288	3359
22	2769	2840	2912	2984	3055	3127	3199	3270	3342
23	2752	2823	2895	2967	3038	3110	3182	3252	3325
24	2734	2806	2878	2949	3021	3093	3164	3236	3308

Sumber: (Lapono, 2014)

**Tabel 2.6 Nilai Normal *Forced Expiratory Volume 1 Second* /FEV1 (ml)
Jenis Kelamin Pria**

Umur/TB	160	162	164	166	168	170	172
18	3090	3169	3248	3327	3406	3485	3515
19	3139	3218	3297	3376	3455	3534	3613
20	3188	3267	3346	3424	3503	3582	3661
21	3171	3250	3329	3408	3487	3566	3645
22	3146	3225	3304	3383	3461	3540	3619
23	3120	3199	3278	3357	3436	3515	3594
24	3094	3173	3252	3331	3410	3489	3568

Sumber: (Lapono, 2014)

**Tabel 2.7 Nilai Normal *Forced Expiratory Volume 1 Second*/FEV1 (ml)
Jenis Kelamin Wanita**

Umur/TB	154	156	158	160	162	164	166	168	170
18	2429	2488	2547	2605	2664	2723	2781	2840	2899
19	2446	2505	2563	2622	2681	2740	2798	2857	2916
20	2463	2522	2580	2639	2698	2756	2815	2874	2933
21	2515	2574	2633	2691	2750	2809	2867	2926	2985
22	2493	2552	2610	2669	2728	2787	2845	2904	2963
23	2471	2530	2588	2647	2706	2764	2823	2882	2941
24	2449	2508	2566	2625	2684	2742	2801	2860	2918

Sumber: (Lapono, 2014)

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Pada kajian hasil penelitian terdahulu ini diambil dari beberapa penelitian terdahulu sebagai acuan penulis dalam melakukan penelitian ini, yang kemudian akan dijadikan referensi atau dasar dari hasil penelitian ini dan perbandingan dalam melakukan penelitian ini. Dalam kajian hasil

penelitian terdahulu ini akan terdapat beberapa jurnal yang penulis jadikan referensi.

Penelitian pertama dari Daniel A. Hackett pada tahun 2020 dengan judul *Lung Function and Respiratory Muscle Adaptations of Endurance and Strength Trained Males*. Penelitian ini dilakukan di Australia pada 24 atlet angkat beban dan 22 atlet ketahanan (*endurance*) dengan tujuan untuk membandingkan adaptasi sistem respirasi pada kedua atlet tersebut. Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk melihat perbedaan fungsi paru dan kekuatan otot respirasi pada atlet yang berada di bidang angkat beban dan ketahanan/*endurance*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada atlet *endurance* terdapat nilai MVV (*maximal voluntary ventilation*) yang lebih tinggi pada angka 11,3% dan untuk atlet angkat beban memiliki nilai tekanan inspirasi maksimal dan tekanan ekspirasi maksimal lebih tinggi (14,3% dan 12,4%). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat adaptasi respirasi yang diakibatkan oleh olahraga, yaitu ketahanan otot serta kekuatan otot respirasi sehingga memengaruhi nilai yang lebih tinggi pada setiap jenis olahraga (Hackett, 2020b).

Penelitian kedua dari Tijana Durmic dkk pada tahun 2015. Penelitian ini dilakukan secara potong lintang kepada 150 atlet laki-laki dari empat cabang olahraga yang berbeda (bola basket, bola tangan, sepak bola, dan poli air). Hasil penelitian ini adalah pada atlet cabang olahraga polo air memiliki nilai parameter spirometri yang lebih tinggi dibandingkan tiga cabang olahraga lainnya. Parameter yang dihitung adalah FVC, FEV₁, PEF, VC, FEV₁/FVC, MVV. Selain dari cabang olahraga, penelitian ini juga menemukan korelasi positif antara antropometri dengan parameter spirometri. Penelitian ini menjadi dasar bahwa olahraga dapat memengaruhi nilai spirometri menjadi lebih tinggi daripada orang yang tidak

berolahraga dan berhubungan dengan nilai antropometri seseorang (Durmic et al., 2015).

Penelitian ketiga dari Tommy Supit dan Elisna Syahrudin dari Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada tahun 2015. Penelitian ini dilakukan kepada mahasiswa kedokteran di salah satu perguruan tinggi di Indonesia. Selain pemeriksaan spirometri, subjek juga diukur aktivitas fisiknya menggunakan kuesioner *Global Physical Activity Questionnaire version 2*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh aktivitas fisik dengan fungsi paru. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kenaikan nilai parameter spirometri bersamaan dengan meningkatnya aktivitas fisik (Supit & Syahrudin, 2015).

Tabel 2.8 Tabel Perbandingan Hasil Penelitian Sebelumnya

No.	Judul Jurnal dan Peneliti	Tahun dan Tempat Penelitian	Metode Penelitian	Objek Penelitian	Perbandingan yang dijadikan alasan tinjauan penelitian
1.	<i>Lung Function and Respiratory Muscle Adaptations of Endurance and Strength Trained Males</i> Peneliti: - Daniel A. Hackett	2020, Australia	Kuantitatif	24 atlet angkat beban, 22 atlet ketahanan/ <i>endurance</i>	Hasil penelitian ini digunakan sebagai acuan peneliti untuk menunjukkan bagaimana olahraga dan aktivitas fisik dapat memengaruhi hasil fungsi paru dan peneliti dapat mengembangkannya serta menyesuainya dengan subjek yang akan diteliti.
2.	<i>Sport-specific Influences on Respiratory Patterns in Elite Athletes</i> Peneliti: - Tijana Durmic, et al.	2015, Serbia	Kuantitatif	150 atlet laki-laki yang bermain pada empat cabang olahraga (bola basket, bola tangan, sepak bola, dan polo air)	Hasil penelitian ini dapat digunakan menjadi referensi bagi peneliti bahwa terdapat korelasi yang menghubungkan antara jenis olahraga yang dilakukan dengan meningkatnya nilai

3. *Level of Physical Activity and Its Associations with Lung Function of Medical Students* 2015, Indonesia Kuantitatif 40 mahasiswa kedokteran (22 pria, 18 wanita)

Peneliti:

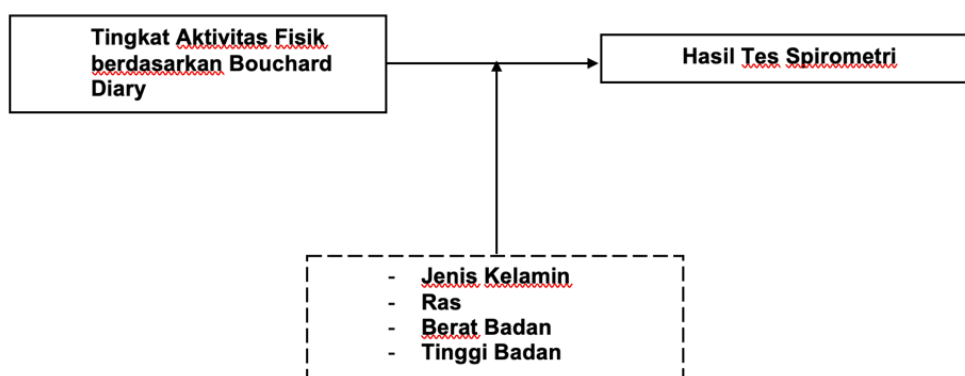
- Tommy Supit
- Elisna Syahrudin

fungsi paru. Pentingnya jenis olahraga ini dapat diimplementasikan pada penelitian yang akan dilakukan karena aktivitas fisik yang dilakukan tiap orang berbeda bentuknya.

Penelitian ini penulis jadikan acuan karena meneliti hubungan antara tingkat aktivitas fisik dengan hasil tes spirometri. Hasil penelitian ini dapat dijadikan kesimpulan bahwa terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut. Peneliti akan membuat kebaruan dalam penelitian dengan menggunakan jenis kuesioner aktivitas fisik yang tidak digunakan di penelitian terdahulu.

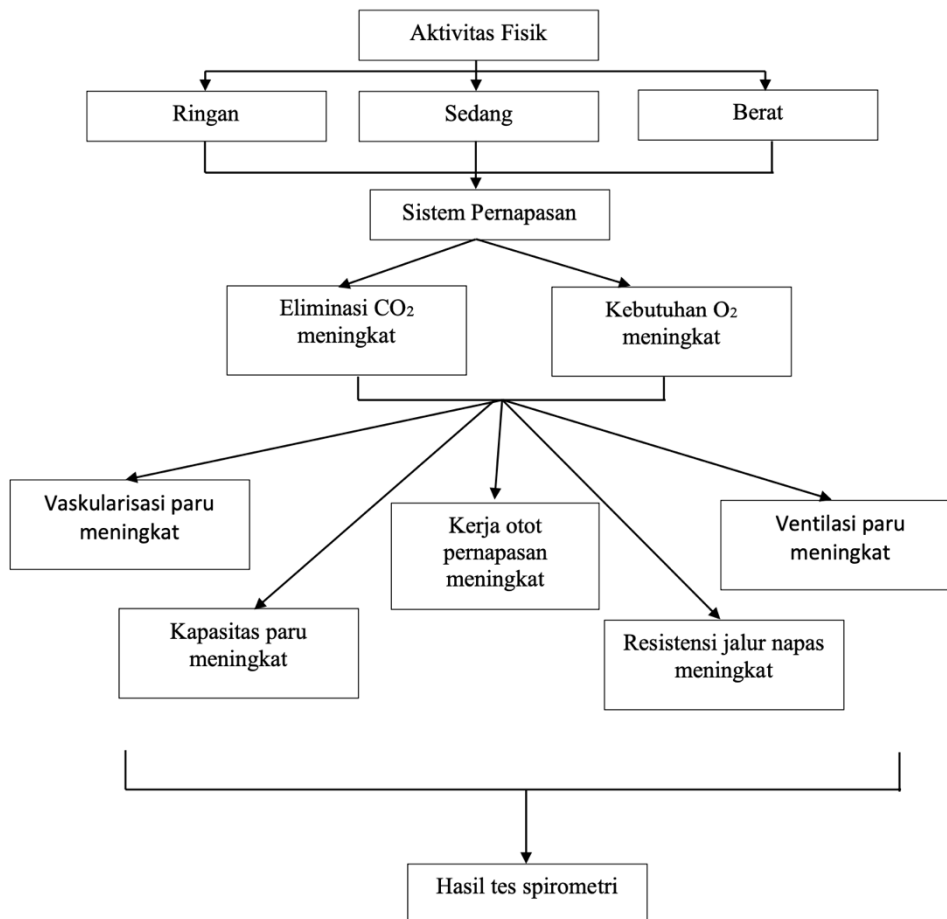
Sumber: (diolah oleh Peneliti, 2023)

2.3 Kerangka Berpikir



Gambar 2.4 Kerangka Konsep Penelitian

Sumber: (diolah oleh Peneliti, 2023)



Gambar 2.5 Kerangka Teori Penelitian

Sumber: (diolah oleh Peneliti, 2023)

2.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah “Terdapat hubungan antara tingkat aktivitas fisik dengan hasil tes spirometri”