# HUBUNGAN AKTIVITAS FISIK DAN INDEKS MASSA TUBUH DENGAN ARUS PUNCAK EKSPIRASI PADA DEWASA

PROPOSAL SKRIPSI

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

HANA FAJRIN KAMILIA
NIM : 030002100061

UNIVERSITAS TRISAKTI
FAKULTAS KEDOKTERAN
JAKARTA, JULI 2025

**Bidang Ilmu: Komunitas**

PROPOSAL SKRIPSI

# HUBUNGAN AKTIVITAS FISIK DAN INDEKS MASSA TUBUH DENGAN ARUS PUNCAK EKSPIRASI PADA DEWASA

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

HANA FAJRIN KAMILIA
NIM : 030002100061

PROGRAM PENDIDIKAN SARJANA KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TRISAKTI
JAKARTA, JULI 2025

**PERSETUJUAN**

**Proposal Skripsi**

**Judul:**

**HUBUNGAN AKTIVITAS FISIK DAN INDEKS MASSA TUBUH DENGAN ARUS PUNCAK EKSPIRASI PADA DEWASA**

Nama mahasiswa : Hana Fajrin Kamilia

NIM 030002100061

Telah disetujui untuk diuji di hadapan

**Tim Penguji Proposal Skripsi**

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada Hari Selasa, Tanggal 01 Juli 2025

**Pembimbing**

dr. Eveline Margo, M.Biomed, AIFO-K

NIK: 2601/USAKTI

**PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI**

**Judul:**

**HUBUNGAN AKTIVITAS FISIK DAN INDEKS MASSA TUBUH DENGAN ARUS PUNCAK EKSPIRASI PADA DEWASA**

HANA FAJRIN KAMILIA

030002100061

Telah diuji dan disahkan di hadapan **Dewan Penguji Proposal Skripsi**

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada Hari Selasa, Tanggal 01 juli 2025

**Ketua Tim Penguji**

Nama : dr. Purnamawati Tjhin, M.Pd.Ked

NIK : 2489/Usakti ……..

**Anggota Penguji I**

Nama : dr. Eveline Margo, M.Biomed, AIFO-K

NIK : 2601/Usakti ……..

**Anggota Penguji II**

Nama : dr. Antin Trilaksmi, Sp.An-KIC

NIK : 3516/Usakti ……..

Jakarta, 01 Juli 2025

Dekan FK Universitas Trisakti

Dr. dr. Yenny, Sp. FK

NIK: 2613/USAKTI

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

| | |
|---|---|
| Nama | : Hana Fajrin Kamilia |
| NIM | : 030002100061 |
| Program Studi | : Kedokteran |
| Alamat Korespondensi | : Lingk. Ciketug jl.cut nyak dien no. 55 Kab. Kuningan – Jawa barat. |
| Telepon / mobile | : 082218683596 |
| E-mail | : 030002100061@std.trisakti.ac.id |
| Judul skripsi | : Hubungan Aktivitas Fisik dan Indeks Massa Tubuh Dengan Arus Puncak Ekspirasi Pada Dewasa |

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian yang saya lakukan ini adalah benar-benar merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri. Skripsi ini belum pernah diajukan sebagai suatu karya ilmiah untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini merupakan hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan SK Permendiknas No.17 tahun 2010 tentang pencegahan dan penanggulangan plagiat di perguruan tinggi.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 2025

Hana Fajrin Kamilia
030002100061

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul "Hubungan Aktivitas Fisik dan Indeks Massa Tubuh dengan Arus Puncak Ekspirasi pada Dewasa" sebagai persyaratan perolehan gelar Sarjana Kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti. Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada dr. Eveline Margo, M.Biomed, AIFO-K. Selaku dosen pembimbing proposal skripsi yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyelesaian proposal ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi referensi bagi pembaca yang membutuhkan

Jakarta, 2025

Hana Fajrin Kamilia

## DAFTAR ISI


HALAMAN

HALAMAN JUDUL I
HALAMAN PERSETUJUAN II
HALAMAN PENGESAHAN III
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN IV
KATA PENGANTAR V
DAFTAR ISI VI
DAFTAR TABEL VIII
DAFTAR GAMBAR IX
DAFTAR LAMPIRAN X
DAFTAR ARTI SINGKATAN XI

**BAB I PENDAHULUAN 1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.3.1 Tujuan Umum .....3
1.3.2 Tujuan Khusus .....3
1.4 Hipotesis 3
1.5 Manfaat Penelitian 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA, RINGKASAN PUSTAKA, DAN KERANGKA TEORI 4**
2.1 Tinjauan Pustaka 4
2.1.1 Arus Puncak Ekspirasi (*Peak Expiratory Flow*/PEF) .....4
2.1.2 Aktivitas Fisik .....13
2.1.3 Indeks Massa Tubuh (IMT) .....20
2.1.4 Hubungan antara Aktivitas Fisik dan IMT terhadap PEF .....23
2.2 Ringkasan Pustaka 26
2.3 Kerangka Teori 30

**BAB III KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL 31**
3.1 Kerangka Konsep 31
3.2 Variabel Penelitian 31
3.2.1 Variabel Bebas .....31
3.2.2 Variabel Tergantung.....31
3.3 Definisi Operasional 32

**BAB IV METODE 36**
4.1 Desain Penelitian 36
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 36
4.2.1 Lokasi penelitian 36

4.3 Populasi dan Subjek Penelitian 36
4.3.1 Populasi Target....36
4.3.2 Populasi Terjangkau....36
4.3.3 Subjek....36
4.3.3.1 Kriteria Pemilihan Subjek....37
4.3.3.2 Perhitungan Jumlah Subjek....37
4.4 Bahan dan Instrumen 38
4.5 Analisis data 41
4.5.1 Analisis Univariat....41
4.5.2 Analisis Bivariat....41

Daftar Pustaka 44

## DAFTAR TABEL

HALAMAN
Tabel 1 Kategori IMT 21
Tabel 2 Ringkasan pustaka 26
Tabel 3 Definisi operasional 32

## DAFTAR GAMBAR


| | HALAMAN |
|---|---|
| Gambar 1 *Peak flow meter* | 8 |
| Gambar 2 Contoh tabel referensi nilai PEF normal[19] | 11 |
| Gambar 3 Hubungan antara IMT dengan obesitas[15] | 22 |
| Gambar 4 Kerangka teori | 30 |
| Gambar 5 Kerangka konsep | 34 |
| Gambar 6 Alur penelitian | 42 |

## DAFTAR LAMPIRAN

HALAMAN
Lampiran 1 *Dummy table* 50
Lampiran 2 *Informed consent* 51
Lampiran 3 Kuesioner internasional *physical activity questioner-short form* 53

## DAFTAR ARTI SINGKATAN

| | |
|---|---|
| ALA | : *American Lung Association* |
| BMI | : *Body Mass Index* |
| CDC | : *Centers for Disease Control and Prevention* |
| $FEV_1$ | : *Forced Expiratory Volume in 1 Second* |
| FRC | : *Functional Residual Capacity* |
| FVC | : *Forced Vital Capacity* |
| GPAQ | : *Global Physical Activity Questionnaire* |
| HICT | : *High Intensity Circuit Training* |
| IMT | : Indeks Massa Tubuh |
| IPAQ | : *International Physical Activity Questionnaire* |
| IPAQ-SF | : *International Physical Activity Questionnaire-Short Form* |
| MET | : *Metabolic Equivalent of Task* |
| MVV | : *Maximum Voluntary Ventilation* |
| NHANES | : *National Health and Nutrition Examination Survey* |
| NHS | : *National Health Survey* |
| PEF | : *Peak Expiratory Flow* |
| PEF% | : PEF dalam persentase nilai prediksi |
| PPOK | : Penyakit paru obstruktif kronik |
| RV | : *Residual Volume* |
| SD | : *Standard Deviation* |
| TLC | : *Total Lung Capacity* |
| VC | : *Vital Capacity* |
| WHO | : *World Health Organization* |

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Arus puncak ekspirasi (*peak expiratory flow*/PEF) merupakan indikator penting dalam menilai fungsi saluran napas besar dan kapasitas ventilasi paru seseorang. Sebagai salah satu parameter pemeriksaan fungsi paru yang , PEF sering digunakan untuk menilai status respirasi populasi umum. Nilai PEF yang optimal menggambarkan kondisi saluran napas yang sehat dan elastis, sedangkan nilai yang rendah dapat mengindikasikan hambatan pada saluran pernapasan.[1,2] Berdasarkan epidemiologi kesehatan masyarakat, nilai rerata PEF dalam populasi dapat menjadi refleksi dari kondisi kesehatan respirasi kolektif. Studi oleh Ji *et al.*[3] yang dilakukan pada 5498 partisipan di Cina menunjukkan bahwa rerata nilai PEF adalah sekitar 367.10 L/menit untuk laki-laki dewasa dan 253.00 L/menit untuk wanita dewasa. Ditemukan juga bahwa prevalensi nilai PEF rendah adalah sekitar 3,94% pada laki-laki dan 3,32% pada wanita.[3]

Beberapa faktor telah diketahui memengaruhi arus puncak ekspirasi. Faktor utama di antaranya adalah jenis kelamin, usia, tinggi badan, status nutrisi, kebiasaan merokok, serta tingkat aktivitas fisik individu.[4] Aktivitas fisik berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas vital paru melalui adaptasi sistem kardiopulmoner terhadap beban kerja yang lebih besar. Selain itu, indeks massa tubuh (IMT) juga memiliki pengaruh terhadap nilai PEF, dengan obesitas sering dikaitkan dengan penurunan fungsi paru akibat peningkatan tekanan intra-abdomen dan restriksi dinding dada. Hubungan antara IMT dan PEF, meskipun demikian, tidak selalu bersifat linear.[5,6] Beberapa penelitian melaporkan bahwa nilai PEF dapat menurun secara signifikan pada individu dengan IMT tinggi (obesitas), namun studi lain menunjukkan hasil yang berbeda atau tidak signifikan secara statistik.[7,8]

Studi-studi sebelumnya menunjukkan temuan yang beragam. Penelitian oleh Marangoz *et al.*[9] menemukan bahwa tidak terdapat perbedaan antara nilai FEV1 dan PEF pada seseorang yang melakukan latihan fisik jangka panjang dan teratur, dibandingkan dengan seseorang yang memiliki tingkat aktivitas fisik

rendah; namun, terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai MVV, FVC, dan VC.[9] Penelitian lainnya oleh Wahyu el *al*. [10] Dan Arslan et *al*.[11] juga tidak menemukan adanya hubungan bermakna antara nilai PEF dengan IMT maupun aktivitas fisik.[10,11]

Hasil yang berbeda dilaporkan oleh studi Imanita et *al.*[12] di Semarang, di mana mahasiswa yang rutin mengikuti program *High Intensity Circuit Training* (HICT) selama 8 minggu menunjukkan peningkatan nilai PEF yang signifikan dibandingkan rerata nilai PEF *baseline*.[12] Studi oleh Jordan *et al.*[13] menemukan bahwa IMT dan lingkar perut memiliki korelasi positif yang signifikan terhadap nilai PEF, meskipun dengan kekuatan yang relatif lemah.[13] Sejalan dengan temuan sebelumnya, studi Dong *et al*.[4] menemukan hubungan yang signifikan antara nilai PEF rendah dan menurunnya aktivitas fisik dengan peningkatan defisit kognitif pada individu lanjut usia.[4]

Terlepas dari sejumlah penelitian yang telah dilakukan mengenai hubungan antara aktivitas fisik atau IMT dengan fungsi paru, kebanyakan di antaranya dilakukan pada populasi remaja, lansia, atau individu dengan kondisi medis tertentu. Masih terdapat keterbatasan studi yang menganalisis kedua variabel bebas tersebut, yaitu aktivitas fisik dan indeks massa tubuh, terhadap variabel tergantung yaitu *peak expiratory flow* (PEF). Hingga saat ini, masih belum ada penelitian yang menghubungkan variabel-variabel tersebut khususnya di wilayah Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan aktivitas fisik dan IMT dengan arus puncak ekspirasi.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat hubungan antara aktivitas fisik dengan arus puncak ekspirasi pada dewasa?
2. Apakah terdapat hubungan antara indeks massa tubuh dengan arus puncak ekspirasi pada dewasa?

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

Meningkatkan kualitas hidup masyarakat dengan cara menentukan hubungan antara tingkat aktivitas fisik dan indeks massa tubuh dengan arus puncak ekspirasi pada dewasa.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menentukan hubungan antara tingkat aktivitas fisik dengan arus puncak ekspirasi pada dewasa.
2. Menentukan hubungan antara indeks massa tubuh dengan arus puncak ekspirasi pada dewasa.

## 1.4 Hipotesis

Terdapat hubungan antara aktivitas fisik dan indeks massa tubuh dengan arus puncak ekspirasi pada dewasa.

## 1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan

   Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi dalam memahami faktor-faktor yang memengaruhi kapasitas fungsi paru pada dewasa, terutama terkait aktivitas fisik dan status gizi.
2. Bagi Profesi/Institusi

   Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi tenaga kesehatan dalam memberikan edukasi untuk menjaga kesehatan paru melalui aktivitas fisik dan pengelolaan berat badan.
3. Bagi Masyarakat

   Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya aktivitas fisik dan menjaga indeks massa tubuh ideal untuk menunjang fungsi pernapasan yang optimal.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA, RINGKASAN PUSTAKA, DAN KERANGKA TEORI

## 2.1 Tinjauan Pustaka

### 2.1.1 Arus Puncak Ekspirasi (*Peak Expiratory Flow*/PEF)

#### 2.1.1.1 Fisiologi Respirasi

Proses fisiologi respirasi merupakan mekanisme biologis kompleks yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan metabolisme jaringan akan oksigen ($O_2$) dan mengeliminasi produk buangan berupa karbon dioksida ($CO_2$). proses respirasi meliputi beberapa tahapan yang saling berkaitan, yaitu ventilasi pulmonal, pertukaran gas di alveoli, transportasi gas melalui sirkulasi darah, serta pertukaran gas di tingkat jaringan. Fungsi utama paru, adalah pertukaran gas. Terminologi mengarah pada perpindahan $O_2$ dari udara atmosfer eksternal ke dalam darah, serta pengeluaran $CO_2$ dari darah ke lingkungan. Proses ini sepenuhnya bergantung pada prinsip difusi pasif yang mengikuti gradien tekanan parsial gas antara kompartemen alveolar dan kapiler paru.[1,14]

Ventilasi dimulai dengan inspirasi, yaitu periode saat udara masuk melalui saluran pernapasan menuju alveoli. Inspirasi terjadi akibat kontraksi otot diafragma dan otot-otot interkostal eksternal yang menurunkan tekanan intratorakal, sehingga memungkinkan udara masuk ke paru-paru. Sebaliknya, ekspirasi merupakan proses pasif yang terjadi saat otot-otot relaksasi dan tekanan intratorakal meningkat. Udara mengalir keluar dari paru-paru akibat peningkatan tekanan alveolar yang melebihi tekanan atmosfer. Dalam proses ini, sistem konduksi (dari trakea hingga bronkiolus terminal) berfungsi sebagai jalur pengantar udara, sementara zona respirasi (terdiri dari bronkiolus respiratori, duktus alveolaris, dan alveoli) adalah tempat berlangsungnya pertukaran gas.[2,15]

Pada tingkat alveolus, oksigen berdifusi melalui membran alveolokapiler yang sangat tipis (sekitar 0,3 μm) dan luas (sekitar 70–100 $m^2$) ke dalam darah kapiler paru, yang kemudian dibawa oleh hemoglobin. Proses ini dikendalikan oleh hukum Fick, yang menyatakan bahwa laju difusi gas berbanding lurus dengan luas

permukaan dan gradien tekanan parsial, serta berbanding terbalik dengan ketebalan membran. Struktur unik dari paru yang terdiri dari jaringan kapiler yang rapat dan permukaan alveolar yang luas menjadikan paru sebagai struktur yang sangat efisien dalam pertukaran gas.[2,15]

### 2.1.1.2 Volume Paru, Ventilasi Total, dan Ventilasi Alveolar

Volume paru merupakan salah satu parameter fundamental dalam fisiologi sistem pernapasan yang merepresentasikan kapasitas mekanik paru untuk menampung dan mengalirkan udara selama siklus respirasi. Tiga komponen penting yang tidak dapat diukur langsung melalui spirometri konvensional tetapi memiliki nilai diagnostik tinggi adalah *Functional Residual Capacity* (FRC), *Residual Volume* (RV), dan *Total Lung Capacity* (TLC). FRC adalah volume udara yang tersisa di dalam paru-paru pada akhir ekspirasi pasif normal. FRC mencerminkan titik keseimbangan antara gaya elastis paru yang mengarah kolaps dan gaya elastis dinding dada yang mendorong ke luar. Volume ini memiliki peran penting sebagai cadangan udara yang memungkinkan pertukaran gas tetap berlangsung selama jeda antar napas. Pengukuran FRC dapat dilakukan melalui metode *helium dilution* atau *body plethysmography*, yang masing-masing mengandalkan prinsip pengenceran gas dan hukum Boyle untuk mengestimasi volume paru yang tidak dapat dikeluarkan secara langsung.[1]

*Residual Volume* merupakan volume udara yang tetap berada di dalam paru-paru meskipun seseorang telah melakukan ekspirasi maksimal. Volume ini bersifat fisiologis karena menjaga agar alveolus tidak kolaps, mempertahankan kestabilan pertukaran gas, dan mencegah atelektasis. Peningkatan RV sering terjadi pada kondisi obstruktif akibat terdapatnya perangkap udara (*air trapping*), sedangkan penurunan RV dapat dijumpai pada penyakit paru restriktif. *Total Lung Capacity* adalah volume total udara yang dapat ditampung paru-paru setelah inspirasi maksimal dan mencakup seluruh komponen volume paru: volume tidal, volume cadangan inspirasi (*Inspiratory Reserve Volume* / IRV), volume cadangan ekspirasi (*Expiratory Reserve Volume* / ERV), dan volume residu (*Residual Volume* / RV). Penurunan nilai TLC menunjukkan adanya restriksi ventilasi, sedangkan

peningkatannya mengindikasikan kondisi hiperinflasi seperti pada pasien dengan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK).

Dalam kaitannya dengan kapasitas paru, konsep ventilasi total dan ventilasi alveolar menjadi penting untuk memahami seberapa efisien paru-paru dalam memenuhi kebutuhan metabolik tubuh. *Total ventilation* atau ventilasi per menit (*minute ventilation*) merupakan volume udara yang dihembuskan dari paru-paru setiap menit. Ventilasi total dihitung dari hasil perkalian volume tidal dengan frekuensi napas, namun tidak seluruh volume ini berpartisipasi dalam pertukaran gas karena sebagian terjebak dalam ruang mati (*dead space*) anatomik maupun fisiologis. *Alveolar ventilation* atau ventilasi alveolar, karenanya, dianggap sebagai parameter yang lebih akurat untuk menggambarkan efisiensi ventilasi. Hal ini dikarenakan ventilasi alveolar hanya mencakup volume udara segar yang mencapai alveoli dan terlibat langsung dalam proses difusi gas.[1]

Ventilasi alveolar memiliki implikasi langsung terhadap keseimbangan gas darah, terutama kadar oksigen dan karbon dioksida. Hubungan antara ventilasi alveolar dan tekanan parsial $CO_2$ dalam alveoli ($PACO_2$) bersifat invers, sebagaimana dijelaskan melalui rumus[1]

$$\dot{V}_A = \frac{\dot{V}_{CO_2} \times K}{PACO_2}$$

Hal ini berarti penurunan ventilasi alveolar akan meningkatkan tekanan $CO_2$ alveolar, dan sebaliknya. Dalam praktik klinis, nilai ini digunakan untuk menilai hipoventilasi, ventilasi tidak efektif, dan gangguan keseimbangan ventilasi-perfusi yang sering ditemukan pada penyakit paru kronik.[1]

**2.1.1.3 Pengertian PEF**

Fungsi respirasi dapat dievaluasi secara klinis menggunakan berbagai parameter, salah satunya adalah arus puncak ekspirasi (*Peak Expiratory Flow*/PEF). PEF merupakan nilai maksimum dari aliran udara yang dapat dicapai seseorang saat melakukan ekspirasi cepat dan kuat setelah inspirasi maksimal. Nilai ini mencerminkan kombinasi antara kekuatan otot-otot ekspirasi, elastisitas paru, dan resistensi saluran napas. Dalam keadaan fisiologis normal, PEF mencerminkan kapasitas optimal ventilasi ekspirasi seseorang, sedangkan dalam kondisi patologis

seperti asma atau PPOK, PEF akan menurun akibat peningkatan resistensi jalan napas atau kelemahan otot respirasi.[1,2]

PEF dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis, antara lain umur, jenis kelamin, tinggi badan, status gizi, serta tingkat aktivitas fisik. Nilai PEF normal bervariasi antar individu dan populasi, dan dapat dijadikan alat skrining sederhana untuk menilai status fungsi paru, khususnya dalam praktik komunitas. Sebagai contoh, seseorang dengan massa otot pernapasan yang baik cenderung memiliki nilai PEF yang lebih tinggi dibandingkan individu dengan kelemahan otot respirasi atau kelainan struktural paru. Resistensi saluran napas yang tinggi seperti pada pasien dengan bronkokonstriksi atau obstruksi, sebaliknya akan menurunkan nilai PEF secara bermakna.[1,2]

Lebih jauh, studi yang menggunakan model aliran udara di saluran pernapasan menunjukkan bahwa aliran udara pada awal ekspirasi bersifat konvektif dan bergantung pada tekanan ekspirasi maksimal. Ketika udara mencapai zona terminal, laju alirannya akan menurun akibat peningkatan luas penampang total saluran, dan transportasi gas lebih lanjut dilakukan secara difusif. Hal ini menunjukkan bahwa arus puncak ekspirasi tidak hanya merefleksikan kontraksi otot pernapasan, tetapi juga keterbatasan struktural dan fungsional saluran napas bagian distal.[1,2]

#### 2.1.1.4 Alat Ukur dan Cara Pengukuran PEF

Alat standar untuk mengukur PEF adalah *peak flow meter*, yaitu perangkat portabel dan sederhana yang dirancang untuk menilai laju aliran udara tertinggi saat seseorang menghembuskan napas secepat dan sekuat mungkin setelah menarik napas dalam secara maksimal. Perangkat ini merupakan berbentuk silinder yang dapat digenggam, dilengkapi dengan corong mulut dan penunjuk skala pengukuran.[16]

Selain versi manual, terdapat juga *peak flow meter* elektronik yang tidak hanya mencatat tetapi juga mengirimkan hasil pengukuran secara digital kepada penyedia layanan kesehatan melalui koneksi Bluetooth atau aplikasi seluler. Perangkat ini meningkatkan akurasi dan kemudahan pemantauan jarak jauh. Lebih

lanjut, tersedia jga spirometer elektronik portabel yang dapat digunakan di rumah. Alat ini mampu mengukur beberapa parameter penting fungsi paru sekaligus, seperti *Forced Vital Capacity* (FVC), *Forced Expiratory Volume in 1 second* ($FEV_1$), dan PEF itu sendiri.[16]




Gambar 1 *Peak Flow Meter*

Langkah-langkah mengukur PEF adalah sebagai berikut[17,18]

1. Persiapan Alat dan Posisi Tubuh

- Gunakan peak flow meter yang telah dikalibrasi dan dibersihkan.
- Posisi tubuh pasien berdiri tegak untuk memaksimalkan ekspansi paru.
- Geser pointer ke angka nol atau posisi awal sebelum mulai pengukuran.

**2.** Inspirasi Maksimal

- Pasien diminta menarik napas sedalam mungkin hingga paru-paru penuh.

**3.** Ekspirasi Cepat dan Kuat

- Pasien meletakkan corong di antara bibir dengan rapat, tanpa kebocoran udara.
- Hembuskan napas sekuat dan secepat mungkin dalam satu tiupan cepat.
- Catat angka tertinggi (dalam liter/menit) yang muncul di alat.

4. Pengulangan dan Validasi

- Ulangi prosedur sebanyak tiga kali dengan istirahat singkat antar percobaan.
- Pilih nilai tertinggi dari tiga kali pengukuran sebagai nilai PEF yang valid.

5. Pencatatan dan Interpretasi

- Bandingkan hasil PEF dengan nilai referensi berdasarkan umur, tinggi badan, dan jenis kelamin.
- Nilai PEF yang rendah bisa menunjukkan obstruksi saluran napas, seperti pada asma atau PPOK.

### 2.1.1.5 Penilaian PEF

Variabilitas hasil pengukuran Peak Expiratory Flow (PEF) dapat dipengaruhi secara signifikan oleh jenis alat yang digunakan serta teknik ekspirasi yang diterapkan. Bongers dan O'Driscoll menunjukkan bahwa perbedaan antara penggunaan mini-Wright peak flow meter dan spirometer dapat menghasilkan variasi nilai PEF yang cukup besar, tergantung pada apakah pasien diminta untuk melakukan hembusan cepat dan singkat (PEF technique) atau hembusan penuh seperti pada pengukuran kapasitas vital paksa (FVC technique). Studi tersebut menegaskan bahwa hasil pengukuran PEF dengan hembusan cepat dan pendek secara konsisten lebih tinggi dibandingkan hembusan panjang penuh, yang sering kali digunakan secara tidak tepat dalam praktik. Oleh karena itu, konsistensi dalam teknik sangat penting untuk interpretasi yang akurat. Selain itu, meskipun nilai PEF dapat bervariasi secara fisiologis dalam kisaran tertentu, perubahan nilai dari baseline individu yang stabil jauh lebih bermakna secara klinis dibandingkan membandingkan dengan nilai referensi populasi umum. Hal ini mendukung pentingnya menetapkan nilai PEF terbaik individu (personal best) sebagai acuan dalam pemantauan fungsi paru secara longitudinal.[17]

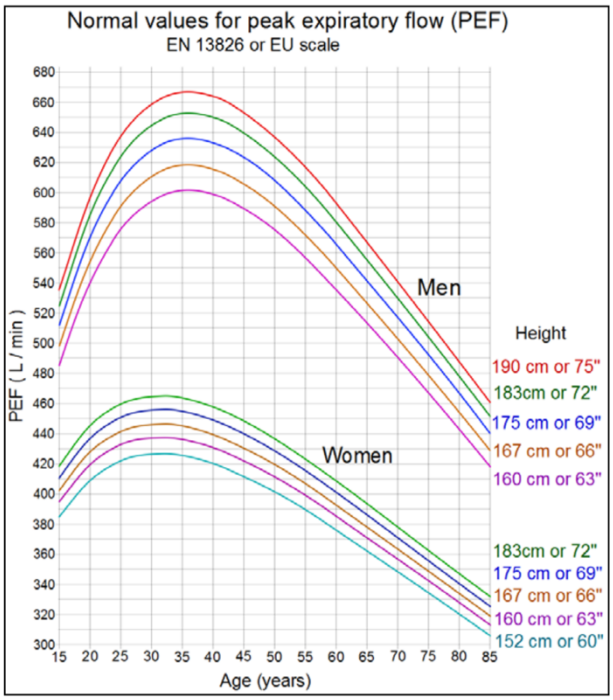
Interpretasi nilai Peak Expiratory Flow (PEF) dalam praktik klinis sering diklasifikasikan ke dalam tiga zona berdasarkan persentase nilai terhadap nilai terbaik individu (personal best), yaitu zona hijau, kuning, dan merah. Zona hijau mencerminkan nilai PEF antara 80 hingga 100 persen dari nilai personal best, menandakan bahwa saluran napas berada dalam kondisi optimal dan asma terkendali dengan baik. Dalam keadaan ini, pasien dapat melanjutkan pengobatan

rutin tanpa perubahan. Zona kuning menunjukkan nilai PEF berada antara 50 hingga 80 persen dari nilai terbaik, yang mengindikasikan adanya penyempitan saluran napas awal dan potensi eksaserbasi gejala. Pada tahap ini, pasien perlu mengambil langkah korektif, seperti penggunaan bronkodilator tambahan sesuai rencana aksi asma, serta mempertimbangkan untuk berkonsultasi dengan tenaga medis. Sementara itu, zona merah menunjukkan nilai PEF kurang dari 50 persen dari nilai terbaik individu, yang menjadi indikator kondisi darurat akibat obstruksi berat saluran napas. Dalam situasi ini, pasien memerlukan intervensi segera dengan penggunaan obat pereda cepat dan penanganan medis langsung. Meskipun Bongers dan O'Driscoll tidak secara langsung membahas sistem zona warna ini, temuan mereka menunjukkan bahwa hasil pengukuran PEF sangat dipengaruhi oleh jenis alat dan teknik ekspirasi yang digunakan. Oleh karena itu, untuk memastikan efektivitas pendekatan zonasi dalam pemantauan asma, penting untuk menggunakan metode pengukuran yang konsisten dan valid agar nilai personal best benar-benar mencerminkan fungsi paru optimal pada kondisi stabil.[17]

Penetapan nilai Peak Expiratory Flow (PEF) terbaik individu atau *personal best* idealnya dilakukan saat pasien berada dalam kondisi sehat dan bebas gejala. Nilai ini berfungsi sebagai tolok ukur untuk interpretasi klinis, terutama dalam manajemen asma. Berdasarkan prinsip yang diuraikan dalam studi Chaiparnich et al., keandalan hasil PEF sangat bergantung pada prosedur pengukuran yang tepat dan konsisten. Studi tersebut menegaskan bahwa nilai tertinggi dari tiga kali pengukuran PEF merupakan pendekatan yang valid untuk memperoleh data akurat[2]. Dalam praktiknya, pasien dianjurkan untuk mencatat nilai PEF beberapa kali dalam sehari, selama periode tertentu, untuk mengidentifikasi nilai tertinggi yang stabil. Meskipun jurnal tersebut tidak secara eksplisit mengadopsi pedoman spesifik, pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi klinis seperti dari American Lung Association yang menganjurkan pencatatan nilai PEF sebanyak dua hingga empat kali per hari selama dua minggu. Nilai tertinggi yang diperoleh selama periode tersebut kemudian ditetapkan sebagai nilai *personal best*. Nilai ini dapat berbeda dari nilai prediktif populasi karena dipengaruhi oleh variabel individu seperti kondisi paru saat stabil, teknik hembusan, dan alat yang digunakan. Oleh karena

itu, penting untuk melakukan evaluasi ulang nilai *personal best* secara berkala untuk memastikan kesesuaian dan ketepatannya dalam pemantauan jangka panjang.[16]

Selain melalui nilai *personal best*, nilai normal PEF juga dapat ditentukan dengan mempertimbangkan variabel-variabel fisiologis utama seperti umur, jenis kelamin, dan tinggi badan. Nilai ini dapat diperoleh melalui rumus prediktif atau tabel referensi populasi yang dikembangkan berdasarkan studi epidemiologis spirometri dalam kelompok individu sehat. Umumnya, nilai PEF akan meningkat seiring bertambahnya tinggi badan dan akan menurun seiring bertambahnya usia. Dari segi jenis kelamin, umumnya laki-laki cenderung memiliki nilai PEF yang lebih tinggi dibandingkan perempuan pada usia dan tinggi badan yang sama karena terdapatnya perbedaan anatomi dan kapasitas paru.[7]




Gambar 2 Contoh Tabel Referensi Nilai PEF Normal[19]

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menghitung nilai prediksi PEF adalah melalui rumus matematis yang memfaktorkan tinggi badan dan umur secara spesifik untuk masing-masing jenis kelamin. Rumus prediktif untuk laki-laki adalah sebagai berikut[19]

$$PEF = \Big(\big((\,Tinggi\ Badan\ dalam\ m\ x\ 5{,}48) + 1{,}58\big) - (Usia\ x\ 0{,}041)\Big)\ x\ 60$$

Sedangkan untuk perempuan, rumusnya adalah sebagai berikut:[19]

$$PEF = \Big(\big((\,Tinggi\ Badan\ dalam\ m\ x\ 3{,}72) + 2{,}24\big) - (Usia\ x\ 0{,}03)\Big)\ x\ 60$$

Hasil perhitungan dari rumus ini menghasilkan estimasi PEF dalam satuan liter per menit, yang kemudian dapat dibandingkan dengan hasil pengukuran aktual untuk menilai apakah terdapat penyimpangan dari fungsi paru normal.[19]

#### 2.1.1.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Nilai PEF

Penelitian cross-sectional yang dilakukan oleh Kyejo et al. di sekolah dasar dan menengah di Dar es Salaam, Tanzania, mengungkap bahwa di antara berbagai faktor antropometrik termasuk umur, berat badan, dan IMT tinggi badan memiliki korelasi terkuat terhadap nilai Peak Expiratory Flow (PEF**)**, dengan koefisien korelasi r = 0,745 (p < 0,001), melebihi korelasi berat badan (r = 0,627) dan IMT (r = 0,366). Penelitian ini mencakup 260 anak dengan rata-rata usia 9,5 tahun, dan temuan serupa juga terlihat pada subkelompok anak perempuan (r = 0,787) serta laki-laki (r = 0,760). Dari data tersebut, disusun persamaan prediksi PEF berdasarkan tinggi badan, yang menunjukkan bahwa setiap peningkatan tinggi akan diikuti peningkatan nilai PEF, menegaskan bahwa tinggi badan adalah determinan paling konsisten dan signifikan dalam variasi PEF pada populasi anak-anak. Temuan ini mendukung penggunaan tinggi badan sebagai variabel utama dalam pembuatan kurva prediksi PEF dan penilaian fungsi paru pada populasi yang sama.[20] Temuan serupa juga dilaporkan dalam studi oleh Sandhu *et al*[22]. pada populasi lansia perempuan, di mana korelasi yang signifikan antara tinggi badan dan PEFR diamati baik pada kelompok urban maupun rural. Hal ini dapat dijelaskan secara fisiologis bahwa individu dengan tinggi badan lebih besar cenderung memiliki kapasitas paru yang lebih besar, sehingga mampu menghasilkan aliran udara ekspirasi maksimum yang lebih tinggi.[21]

Hubungan antara berat badan dan IMT dengan PEFR cenderung lebih kompleks dan tidak konsisten antar populasi. Studi Kyejo menunjukkan bahwa korelasi antara IMT dan PEF lebih lemah (r=0,366 secara umum, dan hanya r=0,203

pada laki-laki), yang mengindikasikan bahwa peningkatan massa tubuh tidak secara langsung mencerminkan peningkatan kapasitas ventilasi. Pada kelompok dengan IMT tinggi, seperti individu dengan obesitas, penurunan PEFR dapat terjadi akibat pembatasan mekanik pada dinding dada dan diafragma yang mengganggu ekspansi paru secara optimal. Sebaliknya, pada individu dengan IMT rendah atau status gizi kurang, kelemahan otot pernapasan juga berkontribusi terhadap penurunan nilai PEFR.[20] Dalam konteks pasien tuberkulosis paru, seperti yang diteliti oleh Wulandari et al. (2024), IMT juga tidak menunjukkan hubungan yang bermakna terhadap PEFR ($p = 0,509$), meskipun sebagian besar responden berada dalam kategori underweight. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi penyakit kronik, faktor patologis lain seperti obstruksi saluran napas atau kerusakan jaringan paru dapat lebih dominan dalam memengaruhi nilai PEFR dibandingkan dengan status gizi saja.[8]

Selain faktor antropometrik, aktivitas fisik juga memainkan peran penting dalam memengaruhi nilai PEF. Aktivitas fisik secara teratur dapat meningkatkan kekuatan dan efisiensi otot pernapasan, memperbaiki mekanisme ventilasi, dan meningkatkan kapasitas difusi oksigen di alveolus. Studi terdahulu menunjukkan bahwa laki-laki, yang cenderung memiliki tingkat aktivitas fisik yang lebih tinggi, menunjukkan nilai PEF yang lebih besar dan bervariasi dibandingkan perempuan. Dalam aktivitas fisik intensitas sedang hingga berat, terjadi peningkatan ventilasi per menit, peningkatan volume tidal, dan peningkatan kekuatan otot ekspirasi, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan PEF. Hal ini mempertegas bahwa aktivitas fisik bukan hanya berperan dalam kebugaran kardiorespirasi secara umum, tetapi juga dalam menjaga integritas dan kapasitas mekanik sistem pernapasan.[8]

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai PEFR ditentukan oleh interaksi multifaktor yang melibatkan tinggi badan sebagai prediktor utama, disertai pengaruh variabel lain seperti berat badan, IMT, dan tingkat aktivitas fisik. Pengaruh-pengaruh ini dapat bervariasi antar populasi berdasarkan usia, jenis kelamin, kondisi klinis, serta lingkungan sosial dan geografis.

### 2.1.2 Aktivitas Fisik

#### 2.1.2.1 Definisi Aktivitas Fisik

Terminologi aktivitas fisik pertama kali dikemukakan oleh Caspersen *et al*[23]. pada tahun 1985, di mana aktivitas fisik didefinisikan sebagai "pergerakan tubuh dalam bentuk apapun oleh otot skeletal yang menghasilkan pengeluaran energi (*energy expenditure*)".[22] Pengeluaran energi tubuh dalam melakukan aktivitas umumnya diukur dalam satuan kilojoule (kJ) atau kilokalori (kcal)**,** dengan konversi 1 kcal setara dengan 4,184 kJ. Meskipun satuan kilokalori telah lama digunakan dalam konteks nutrisi, satuan kilojoule lebih disarankan dalam literatur ilmiah karena sesuai dengan standar Sistem Internasional (SI) yang digunakan dalam pengukuran energi. Dalam *Recommended Dietary Allowances* yang diterbitkan oleh National Research Council, dinyatakan bahwa meskipun masyarakat umum lebih mengenal istilah "kalori" (kcal), satuan resmi dalam penghitungan energi seharusnya menggunakan kilojoule, terutama dalam konteks fisiologi dan metabolisme. Pemilihan satuan ini penting untuk menyelaraskan pelaporan energi dengan sistem ilmiah global serta meningkatkan presisi dalam evaluasi kebutuhan energi harian tubuh.[23]

*World Health Organization* (WHO) mendefinisikan aktivitas fisik sebagai "pergerakan tubuh dalam bentuk apapun oleh otot skeletal yang membutuhkan pengeluaran energi", bukan menghasilkan. Aktivitas fisik dengan demikian merujuk pada seluruh bentuk pergerakan tubuh, termasuk yang dilakukan selama waktu luang, saat melakukan perjalanan menuju dan dari suatu tempat, maupun sebagai bagian dari pekerjaan atau aktivitas domestik seseorang.[24]

#### 2.1.2.2 Klasifikasi Tingkat Aktivitas Fisik

Berdasarkan studi oleh Piotrowska *et al*[26]., klasifikasi aktivitas fisik mengacu pada kemampuan motorik dasar yang berperan penting dalam menjalankan fungsi tubuh sehari-hari tanpa mengalami kelelahan yang berlebihan. Aktivitas fisik diklasifikasikan ke dalam empat kelompok besar kemampuan motorik yaitu kekuatan (*strength*), kecepatan (*speed*), daya tahan (*endurance*), dan

koordinasi (*coordination*). Kecepatan gerak individu sangat dipengaruhi oleh struktur otot dan komposisi serabut otot. Sebuah tinjauan oleh Delgado-Peña et al. menyimpulkan bahwa atlet yang memiliki persentase serabut otot tipe II (fast-twitch) yang lebih tinggi khususnya tipe IIa dan IIx cenderung memiliki keunggulan dalam aktivitas berkecepatan tinggi dan sprint, karena serabut ini mampu menghasilkan gaya besar dalam waktu singkat. Sebaliknya, individu dengan kandungan serabut otot tipe I (slow-twitch) yang dominan lebih unggul dalam aktivitas ketahanan yang berlangsung lama. Hal ini memperlihatkan bahwa proporsi dan karakteristik serabut otot merupakan determinan fisiologis utama dalam variasi kecepatan gerak antarmanusia.[25]

Daya tahan fisik merujuk pada kemampuan otot untuk mempertahankan aktivitas dalam jangka waktu lama tanpa mengalami penurunan performa yang berarti. Dalam konteks fisiologis, kemampuan ini sangat berkaitan dengan proporsi serabut otot tipe I (slow-twitch) yang lebih tahan terhadap kelelahan karena kapasitas oksidatifnya yang tinggi. Serabut ini dominan pada individu yang memiliki kapasitas daya tahan aerobik yang baik, memungkinkan pelaksanaan aktivitas terus-menerus dengan intensitas rendah hingga sedang. Daya tahan sendiri dapat diklasifikasikan menjadi daya tahan umum, yang melibatkan kerja kelompok otot besar secara menyeluruh, dan daya tahan khusus, yang lebih ditentukan oleh tuntutan fisiologis spesifik dari suatu cabang olahraga. Di sisi lain, kemampuan koordinasi termasuk keseimbangan, kelincahan, dan ketepatan tidak hanya dipengaruhi oleh sistem neuromuskular, tetapi juga oleh efisiensi dalam aktivasi dan rekrutmen serabut otot sesuai kebutuhan gerak. Jurnal yang sama menegaskan bahwa kemampuan motorik kompleks seperti koordinasi dan ketangkasan juga dipengaruhi oleh distribusi dan adaptasi serabut otot terhadap pelatihan.[25]

Aktivitas fisik harian merupakan bagian penting dari kapasitas fungsional individu dan dapat mencerminkan kondisi fisiologis otot yang mendasarinya. Meskipun jumlah langkah harian secara langsung tidak dibahas, jurnal Delgado-Peña et al. menyoroti bahwa performa aktivitas fisik seperti kecepatan berjalan, kapasitas menahan beban, serta toleransi terhadap kelelahan sangat ditentukan oleh komposisi serabut otot, terutama antara tipe I dan tipe II. Individu dengan dominasi

serabut tipe I cenderung lebih mampu mempertahankan aktivitas berulang seperti berjalan jarak jauh atau berdiri lama tanpa penurunan performa, sedangkan mereka dengan dominasi serabut tipe II lebih unggul dalam aktivitas eksplosif dan berintensitas tinggi. Oleh karena itu, walaupun klasifikasi aktivitas berdasarkan jumlah langkah (misalnya <3.000 langkah/hari hingga >12.000 langkah/hari) umum digunakan dalam pemantauan kebugaran, kemampuan untuk mempertahankan tingkat langkah tertentu dalam durasi lama tetap sangat dipengaruhi oleh karakteristik otot rangka yang dimiliki masing-masing individu.[25]

Berdasarkan literatur lainnya, aktivitas fisik juga dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan intensitas, tujuan, dan konteks pelaksanaannya. Secara umum, aktivitas fisik dapat dibedakan menjadi aktivitas ringan, sedang, dan berat berdasarkan besarnya energi yang dikeluarkan atau dikenal sebagai *Metabolic Equivalent of Task* (MET). MET adalah perkalian metabolisme basal (*resting metabolism*) yang mencerminkan laju metabolisme selama latihan. MET standar didefinisikan sebagai 3,5 ml/menit/kg. Sebagai acuan fisiologis, untuk pria dengan berat badan 70 kg, satuan MET didefinisikan sebagai 40 kilokalori per meter persegi luas permukaan tubuh per jam. Namun, turunan dari satuan ini yaitu 1 kcal/kg/jam, yang merujuk pada konsumsi oksigen sebesar 250 ml/menit, lebih umum digunakan sebagai ekspresi standar MET yang disesuaikan dengan berat badan, yaitu 3,5 ml/menit/kg. Nilai ini mencerminkan tingkat metabolisme saat istirahat dalam posisi duduk tenang. Dalam aktivitas fisik, penggunaan satuan MET dalam kelipatan dari metabolisme saat istirahat dimaksudkan untuk menstandarkan pengeluaran energi yang melebihi kondisi basal tubuh. Dengan demikian, MET menjadi indikator kuantitatif yang memungkinkan perbandingan intensitas aktivitas fisik antar individu dan antar jenis aktivitas secara sistematis.[26] Secara umum, aktivitas ringan memiliki nilai MET < 3. Aktivitas ringan yang dimaksud dapat berupa berjalan santai atau melakukan pekerjaan rumah tangga ringan. Aktivitas sedang memiliki kisaran MET 3–6, contohnya berjalan cepat atau berkebun. Aktivitas berat memiliki MET > 6, meliputi aktivitas seperti seperti berlari, berenang cepat, atau melakukan pekerjaan fisik berat.[27]

Selain berdasarkan intensitas, klasifikasi juga dapat dilakukan menurut tujuan dan bentuknya, yaitu aktivitas fisik yang bersifat rekreasional, pekerjaan, transportasi, dan domestik. Aktivitas rekreasional mencakup kegiatan olahraga yang dilakukan secara sukarela untuk kesenangan, seperti bermain sepak bola atau bersepeda. Aktivitas fisik pekerjaan adalah gerakan tubuh yang terjadi sebagai bagian dari tanggung jawab kerja sehari-hari, seperti membawa barang atau berdiri lama. Aktivitas transportasi merujuk pada aktivitas berjalan kaki atau bersepeda untuk bepergian, sedangkan aktivitas domestik mencakup pekerjaan rumah tangga seperti menyapu, mengepel, atau mencuci pakaian.[27]

#### 2.1.2.3 Metode Pengukuran Aktivitas Fisik

Pengukuran aktivitas fisik dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama: **metode subjektif**, yang melibatkan instrumen laporan diri seperti kuesioner (misalnya GPAQ) dan buku harian aktivitas, serta metode objektif, seperti pedometer, akselerometer, dan monitor detak jantung. Menurut validasi GPAQ oleh Tully et al., meskipun instrumen ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan aktivitas fisik intensitas sedang hingga berat, korelasi dengan data akselerometer menunjukkan tingkat kesepakatan yang sedang ($r \approx 0{,}48$ untuk MVPA), dan kurang baik dalam menilai perilaku sedentari[1]. Review oleh Can (2019) menyoroti bahwa metode subjektif, terutama buku harian/log aktivitas, memiliki validitas yang lebih tinggi dibanding kuesioner, meskipun kedua pendekatan ini rentan terhadap bias ingatan dan sosial[2]. Sementara itu, Skender et al. (2016) dalam tinjauan sistematis menemukan korelasi yang bervariasi antara kuesioner dan akselerometer (r antara 0,08 sampai 0,58), dan menyimpulkan bahwa penggabungan metode subjektif dan objektif memberikan pemahaman paling komprehensif tentang tingkat aktivitas fisik.[28–30]

Metode objektif dalam pengukuran aktivitas fisik, khususnya dengan menggunakan akselerometer, telah menjadi standar dalam penelitian epidemiologi karena kemampuannya dalam merekam intensitas, frekuensi, dan durasi gerakan tubuh secara akurat dan berkelanjutan. Dalam tinjauan sistematis yang dilakukan oleh Skender et al., akselerometer dinilai unggul dalam mendeteksi aktivitas fisik

harian secara real-time dengan sensitivitas tinggi terhadap gerakan triaksial, serta dapat digunakan dalam populasi luas tanpa mengganggu aktivitas sehari-hari. Meskipun demikian, alat ini memiliki keterbatasan, seperti kurang akurat dalam mengukur aktivitas yang tidak berbasis pergerakan tubuh (misalnya bersepeda statis atau beban angkat) serta tidak secara langsung mengukur intensitas fisiologis. Selain itu, disebutkan bahwa pedometer masih umum digunakan untuk memantau langkah kaki, namun tidak mampu menangkap data intensitas dan frekuensi secara rinci. Beberapa perangkat modern yang menggabungkan akselerometer dengan monitor detak jantung atau sensor fisiologis lainnya juga mulai digunakan, meskipun biaya dan kerumitan perangkat menjadi pertimbangan dalam studi populasi besar. Oleh karena itu, meskipun akselerometer menawarkan keunggulan objektivitas, kombinasi dengan metode lain tetap diperlukan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai aktivitas fisik individu.[30]

#### 2.1.2.4 Pengaruh Aktivitas Fisik terhadap Kesehatan Paru

Olahraga atau aktivitas fisik dinamis yang melibatkan kelompok otot besar, seperti berlari atau bersepeda, menghasilkan beban fisiologis yang signifikan terhadap sistem pernapasan. Selama aktivitas tersebut, ventilasi per menit, pertukaran gas di paru-paru, serta kebutuhan energi otot-otot pernapasan meningkat jauh di atas nilai saat istirahat. Namun demikian, sistem paru-paru pada individu sehat umumnya mampu memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini disebabkan oleh terdapatnya hubungan antara kemampuan tubuh dalam melakukan aktivitas fisik yang intens dengan fungsi tubuh dalam mengangkut dan memanfaatkan suplai oksigen dengan baik.[31,32]

Ketika tubuh melakukan aktivitas fisik, sistem kardiovaskular dan respirasi akan bekerja lebih keras untuk memenuhi peningkatan kebutuhan oksigen oleh otot-otot yang aktif. Latihan aerobik secara teratur memicu adaptasi fisiologis yang signifikan pada jantung dan paru-paru, termasuk peningkatan kapasitas paru, efisiensi pertukaran gas, dan peningkatan volume sekuncup jantung. Dengan adaptasi tersebut, kemampuan tubuh dalam mengangkut dan memanfaatkan oksigen meningkat, sehingga aktivitas fisik dapat dilakukan dengan beban fisiologis yang lebih ringan. Penelitian menunjukkan bahwa latihan rutin juga menurunkan

denyut jantung saat istirahat dan meningkatkan $VO_2$max, sebagai indikator kapasitas kardiorespiratori yang penting dalam menilai kebugaran jantung dan paru-paru.[33]

Latihan fisik dinamis secara teratur memberikan dampak positif yang luas terhadap kesehatan kardiovaskular dan metabolik. Dalam kajian yang dilakukan oleh Fagard, aktivitas fisik berintensitas sedang hingga berat terbukti berperan dalam menurunkan tekanan darah sistolik dan diastolik baik pada individu normotensif maupun hipertensif, serta mengurangi risiko penyakit jantung koroner. Penurunan tekanan darah ini juga berkontribusi pada pencegahan penyakit kardiovaskular lain seperti stroke dan gagal jantung. Selain manfaat tersebut, aktivitas fisik rutin dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan mengatur berat badan, yang secara tidak langsung berdampak positif terhadap pencegahan diabetes tipe 2 dan gangguan metabolik lainnya. Meski jurnal ini tidak secara eksplisit membahas kesehatan mental atau kanker, prinsip dasarnya mendukung bahwa latihan fisik yang konsisten mendorong peningkatan fungsi fisiologis tubuh secara umum. Aktivitas fisik tidak selalu harus berupa olahraga terstruktur; kegiatan sehari-hari yang melibatkan gerakan aktif juga memberikan efek protektif serupa, asalkan dilakukan secara rutin dan memadai.[33]

Analisis longitudinal dalam European Community Respiratory Health Survey (ECRHS) menunjukkan bahwa individu yang secara konsisten melakukan aktivitas fisik berat (vigorous leisure-time physical activity ≥2 kali dan ≥1 jam per minggu) memiliki nilai $FEV_1$ dan FVC yang lebih tinggi, masing-masing sebesar rata-rata +43,6 mL (95 % CI 12,0–75,1) dan +53,9 mL (95 % CI 17,8–89,9), dibandingkan dengan individu yang tidak aktif, setelah sekitar 11 tahun tindak lanjut. Efek positif ini paling menonjol pada perokok saat studi pertama kali dilakukan, serta juga tampak pada mereka yang meningkat dari status tidak aktif menjadi aktif selama periode tersebut. Meskipun tidak ditemukan perbedaan signifikan dalam laju penurunan fungsi paru (decline rate), kapasitas paru tetap lebih baik pada kelompok yang aktif secara rutin.[34]

Analisis longitudinal dari English Longitudinal Study of Ageing (ELSA) menyoroti manfaat aktivitas fisik intensitas tinggi terhadap kondisi fungsi paru pada

lansia. Dalam studi tersebut, peserta yang melakukan aktivitas fisik berat secara konsisten selama >4 tahun menunjukkan risiko penurunan FVC lebih kecil (risiko relatif ~0,63 kali) dibandingkan yang tidak aktif, serta memiliki tingkat penurunan fungsi paru yang lebih lambat. Hal ini menegaskan bahwa olahraga rutin terutama berintensitas tinggi dapat mempertahankan kapasitas vital paru dan mencegah gangguan ventilasi restriktif, meski tidak selalu berdampak signifikan pada $FEV_1$. Temuan ini mendukung mekanisme peningkatan efisiensi paru-paru melalui latihan, yaitu perbaikan kekuatan otot pernapasan dan peningkatan compliance paru, sehingga tubuh menjadi lebih efisien dalam memasok oksigen saat aktif.[35]

Studi dari UK Biobank menambahkan bukti bahwa tingkat aktivitas fisik yang rendah berkorelasi dengan percepatan penurunan fungsi paru. Dalam waktu rata-rata 6,3 tahun, individu dengan aktivitas fisik rendah mengalami penurunan $FEV_1$ dan FVC yang lebih cepat. Studi ini juga menyoroti bahwa kekuatan genggaman tangan dan kebugaran kardiovaskular turut berperan dalam menjaga fungsi paru.[36]

Meta-analisis lainnya terhadap pasien asma juga memperkuat temuan ini, di mana dilaporkan bahwa latihan fisik secara signifikan meningkatkan FVC dan $FEF_{25-75}$ serta kualitas hidup, meskipun belum terdapat cukup bukti untuk menyimpulkan peningkatan pada $FEV_1$ secara signifikan.[37,38] Secara keseluruhan, seluruh ini menunjukkan bahwa aktivitas fisik tidak hanya meningkatkan kapasitas paru (seperti $FEV_1$ dan FVC), tetapi juga memberikan manfaat sistemik dalam menekan laju penurunan fungsi paru seiring bertambahnya usia.

#### 2.1.2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Fisik

Tingkat aktivitas fisik dipengaruhi oleh banyak faktor yang bersifat multifaktorial dan saling berinteraksi. Dalam studi prospektif European Community Respiratory Health Survey (ECRHS), ditemukan bahwa karakteristik sosial-demografis seperti jenis kelamin, status pendidikan, dan kondisi kesehatan pernapasan berperan penting dalam menentukan kecenderungan seseorang untuk terlibat dalam aktivitas fisik berat pada waktu luang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pria lebih mungkin untuk terlibat dalam aktivitas fisik berat dibandingkan

wanita. Selain itu, individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki kebiasaan aktivitas fisik yang lebih aktif, yang kemungkinan berkaitan dengan kesadaran kesehatan dan akses terhadap fasilitas olahraga. Sebaliknya, peserta yang menderita asma atau gangguan pernapasan kronis lainnya lebih jarang melaporkan aktivitas fisik berat, menunjukkan adanya hambatan fisik atau persepsi risiko kesehatan yang dapat menurunkan partisipasi dalam olahraga intensitas tinggi.[34]

Status merokok juga menjadi salah satu determinan penting. Perokok aktif cenderung menunjukkan hubungan yang lebih kuat antara aktivitas fisik dan fungsi paru, dibandingkan dengan non-perokok. Hal ini diduga karena adanya beban inflamasi sistemik yang lebih besar pada kelompok tersebut. Temuan ini mengindikasikan bahwa latar belakang penyakit dan perilaku kesehatan individu memiliki dampak besar dalam menentukan partisipasi dalam aktivitas fisik.[39]

Faktor kedua adalah faktor psikologis dan neurofisiologis yang juga memainkan peran krusial. Dalam tinjauan pustaka oleh Dominelli dan Sheel, dijelaskan bahwa aktivitas fisik dipicu oleh mekanisme "*central command*" di otak yang mengatur aktivasi simultan otot pernapasan dan otot rangka. Respons ini dipengaruhi oleh kesiapan mental dan ekspektasi terhadap aktivitas fisik, yang menjelaskan bagaimana faktor motivasi dan kesiapan mental dapat mendorong seseorang untuk lebih aktif. Di sisi lain, individu dengan persepsi negatif terhadap olahraga atau yang mengalami gangguan kecemasan mungkin lebih cenderung menghindari aktivitas fisik yang berat. Kesiapan dan kondisi psikologis seseorang juga dapat mempengaruhi variabel lain yang berkaitan dengan keinginan untuk beraktivitas, seperti motivasi personal, rasa bosan ketika berolahraga, dan kurangnya keterampilan manajemen diri yang meliputi kemampuan untuk menetapkan dan memantau perkembangan tujuan pribadi (*personal goals*).[31]

Faktor terakhir adalah faktor eksternal seperti lingkungan sosial dan pekerjaan. Individu yang bekerja dalam sektor non-manual seperti manajerial atau profesional, umumnya cenderung lebih aktif dalam aktivitas fisik rekreasional dibandingkan pekerja manual. Hal ini dapat dikaitkan dengan akses terhadap waktu luang, sarana berolahraga, serta dukungan sosial. Lingkungan fisik tempat tinggal,

termasuk akses terhadap ruang terbuka hijau, jalur pejalan kaki, dan kondisi cuaca juga menjadi faktor eksternal yang signifikan.[39,40]

Adapun faktor lainnya yang berpengaruh terhadap aktivitas fisik sebagaimana disampaikan oleh *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), yang meliputi kekurangan waktu, kekurangan dukungan sosial, kurangnya motivasi individu, ketakutan berlebih terhadap cedera, perasaan terkait kurangnya keahlian atau kemampuan untuk melakukan aktivitas fisik, keterbatasan finansial, kurangnya fasilitas yang memadai, dan kondisi cuaca.[41]

### 2.1.3 Indeks Massa Tubuh (IMT)

#### 2.1.3.1 Definisi dan Klasifikasi

Indeks Massa Tubuh (IMT), atau Body Mass Index (BMI), merupakan ukuran sederhana yang digunakan untuk memperkirakan persentase lemak tubuh berdasarkan berat dan tinggi badan. BMI dihitung dengan membagi berat badan (kg) dengan kuadrat tinggi badan ($m^2$), yaitu :[42,43]

$$IMT = \frac{berat\ badan\ (kg)}{tinggi\ badan^2\ (m^2)}$$

Meskipun metode ini populer karena praktikalitasnya, Nuttall (2015) menyoroti bahwa BMI tidak sepenuhnya akurat sebagai indikator lemak tubuh, terutama pada individu dengan massa otot tinggi, karena tidak membedakan komposisi tubuh antara lemak dan jaringan otot. Sementara itu, Deurenberg et al. (1991, 1998) menunjukkan adanya variasi hubungan antara BMI dan persentase lemak tubuh pada kelompok etnis yang berbeda, dan mengusulkan formula penyesuai usia dan jenis kelamin untuk meningkatkan akurasi estimasi lemak tubuh[2]. Kedua penelitian ini menegaskan bahwa meskipun BMI sangat berguna sebagai alat skrining populasi, penggunaannya pada level individu harus mempertimbangkan batasan internal (usia, otot, jenis kelamin) serta faktor eksterior seperti etnisitas.[44]

Terlepas dari kegunaannya secara luas dalam praktik klinis maupun berbagai program surveilans kesehatan masyarakat, nilai IMT juga memiliki sejumlah keterbatasan. IMT tidak dapat secara akurat membedakan antara massa

otot dan massa lemak, sehingga dalam kelompok tertentu seperti atlet elit atau binaragawan, nilai IMT yang tinggi belum tentu mencerminkan kondisi obesitas, melainkan akibat proporsi massa otot yang lebih besar.

Pada populasi anak-anak dan remaja, perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) harus mempertimbangkan variabel usia dan jenis kelamin dengan membandingkan nilai individual terhadap kurva persentil yang sesuai. Penggunaan cut-off berdasarkan persentil misalnya <5th untuk 'kekurangan berat badan' dan ≥95th untuk 'obesitas' disarankan oleh WHO dan CDC karena mencerminkan distribusi populasi sejenis. Sebagai contoh, anak dengan IMT di bawah persentil ke-5 dikategorikan sebagai sangat kurus, sedangkan nilai IMT di atas persentil ke-95 dianggap obesitas. Hal ini penting karena interpretasi kategori IMT anak berbeda dari orang dewasa; anak sedang mengalami perkembangan fisik yang dinamis sehingga klasifikasi harus disesuaikan dengan usia dan jenis kelamin.[44] Kategori IMT terangkum dalam tabel di bawah sebagai berikut.

Tabel 1 Kategori IMT[46,47]

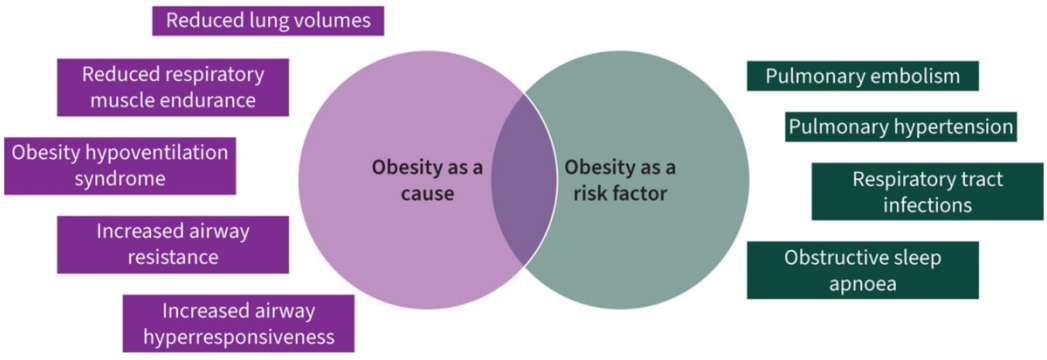
| **Klasifikasi** | **BMI Normal** | **BMI Asia-Pasifik** |
|---|---|---|
| *Severely underweight* | < 16,5 kg/m$^2$ | < 16,5 kg/m$^2$ |
| *Underweight* | < 18,5 kg/m$^2$ | < 18,5 kg/m$^2$ |
| Normal | ≥ 18,5 – 24,9 kg/m$^2$ | ≥ 18,5 – 22,9 kg/m$^2$ |
| *Overweight* | ≥ 25 – 29,9 kg/m$^2$ | ≥ 23 – 24,9 kg/m$^2$ |
| Obesitas | ≥ 30 kg/m$^2$ | ≥ 25 kg/m$^2$ |
| Class I | 30 – 34,9 kg/m$^2$ | 25 – 29,9 kg/m$^2$ |
| Class II | 35 – 39,9 kg/m$^2$ | 30 – 34,9 kg/m$^2$ |
| Class III | ≥ 40 kg/m$^2$ | ≥ 35 kg/m$^2$ |

### 2.1.3.2 Dampak IMT Terhadap Sistem Respirasi

IMT diketahui memiliki pengaruh yang signifikan terhadap fungsi dan mekanika sistem respirasi. Obesitas, yang secara klinis diukur melalui IMT ≥ 30 kg/m², diketahui menyebabkan perubahan besar pada sifat mekanik paru dan dinding dada. Penumpukan lemak di area torakal dan abdomen menurunkan

*compliance* paru dan dinding dada, mengurangi volume cadangan ekspirasi (*Expiratory Reserve Volume* / ERV), serta menurunkan kapasitas residual fungsional (*Functional Residual Capacity* / FRC).[45] IMT juga berdampak signifikan terhadap rerata aliran ekspirasi paksa selama paruh tengah (*middle half*) *Forced Vital Capacity* (FVC).[46] ERV adalah jumlah udara tambahan yang masih dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah melakukan ekshalasi normal, dan nilai ini menggambarkan kapasitas paru untuk melakukan ekspirasi maksimal. volume udara yang tersisa di paru-paru setelah ekspirasi normal. FRC terdiri dari ERV dan *Residual Volume* (RV), dan mencerminkan keseimbangan antara gaya elastis paru dan dinding dada. FVC merupakan jumlah total udara yang dapat dihembuskan secara paksa setelah inspirasi maksimal, dan karenanya merupakan salah satu parameter utama dalam tes spirometri untuk menilai fungsi paru.[2]

Penurunan volume paru ini secara langsung menyebabkan pola napas dangkal dan meningkatkan resistensi jalan napas, yang pada akhirnya memperbesar beban kerja pernapasan dan memicu gejala seperti sesak napas dan *wheezing*. Penelitian tersebut juga mengindikasikan bahwa distribusi lemak tubuh lebih relevan digunakan sebagai parameter, dibandingkan IMT semata. Lemak abdominal atau sentral, yang mencerminkan obesitas android, memiliki dampak lebih besar terhadap fungsi paru dibanding obesitas perifer. Hal ini disebabkan oleh akumulasi jaringan adiposa di area tersebut yang memberikan tekanan secara langsung pada diafragma, sehingga menurunkan volume paru secara signifikan.[45,47]




Gambar 3 Hubungan Antara IMT dengan Obesitas[15]

Studi epidemiologis skala besar oleh Sun *et all*[51]. memperkuat temuan ini, dengan menunjukkan adanya hubungan berbentuk U antara IMT dan gejala respirasi seperti batuk, *wheezing*, dan dispnea pada populasi dewasa di Amerika Serikat. Baik IMT yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi terbukti meningkatkan risiko gejala pernapasan dan penyakit kronik seperti penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) serta asma. Hal ini menunjukkan bahwa tidak hanya obesitas, tetapi juga malnutrisi (IMT < 18.5 kg/m²) berkontribusi terhadap disfungsi respirasi melalui penurunan massa otot pernapasan dan kapasitas paru.[48]

Lebih lanjut, studi oleh Tang *et* all[52]. menemukan bahwa hubungan antara IMT dan fungsi paru bersifat non-linear dan menunjukkan pola U-terbalik. Pada populasi dengan fungsi paru normal, baik IMT rendah (*underweight*) maupun tinggi (obesitas) dikaitkan dengan penurunan $FEV_1$ dan FVC, sementara IMT normal menunjukkan fungsi paru paling optimal. Pada kelompok dengan risiko PPOK atau dengan pola spirometri PRISm (*preserved ratio impaired spirometry*), ditemukan bahwa obesitas ringan justru berhubungan dengan nilai fungsi paru yang lebih baik dibandingkan kelompok IMT normal. Studi ini menekankan konsep *obesity paradox*, di mana obesitas ringan dapat memberikan efek protektif terhadap fungsi paru pada individu dengan gangguan respirasi. Obesitas berat, meskipun demikian, tetap berdampak negatif terhadap volume paru secara keseluruhan.[49]

### 2.1.4 Hubungan antara Aktivitas Fisik dan IMT terhadap PEF

Arus puncak ekspirasi (*Peak Expiratory Flow*/PEF) merupakan salah satu parameter penting untuk mengevaluasi kapasitas ventilasi paru, dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas fisik dan indeks massa tubuh (IMT). Aktivitas fisik secara fisiologis berperan dalam memperkuat otot-otot pernapasan, meningkatkan ventilasi paru, serta memperbaiki efisiensi pertukaran gas di alveolus. Ketika seseorang aktif secara fisik, peningkatan volume tidal dan ventilasi per menit akan mendukung kemampuan paru untuk menghasilkan aliran udara maksimal saat ekspirasi, yang secara langsung tercermin pada peningkatan nilai PEF. Studi oleh Dong *et all*[4]. menunjukkan bahwa aktivitas fisik, baik secara keseluruhan maupun dalam bentuk aktivitas rekreasional, memiliki korelasi positif

yang signifikan terhadap PEF dalam persentase nilai prediksi (PEF%) pada lansia ($p < 0,001$), sekaligus memediasi hubungan antara aktivitas fisik dan fungsi kognitif.[4]

Temuan serupa dilaporkan oleh Imanita *et all*[12].di mana mahasiswa yang mengikuti program *High Intensity Circuit Training* (HICT) selama delapan minggu mengalami peningkatan signifikan pada nilai PEF setelah intervensi ($p = 0,000$) dibandingkan dengan nilai awal mereka. Hal ini menegaskan bahwa olahraga teratur berintensitas tinggi dapat memperkuat fungsi respirasi pada populasi dewasa muda.[12] Sementara itu, studi lain seperti oleh Marangoz *et al*[9].menunjukkan bahwa meskipun tidak terdapat perbedaan bermakna pada nilai PEF antara kelompok atlet dan individu sedentari, terdapat peningkatan yang signifikan pada kapasitas vital paru (VC), kapasitas vital paksa (FVC), dan ventilasi maksimal sukarela (MVV) pada kelompok dengan latihan fisik rutin. Temuan ini juga mengindikasikan bahwa aktivitas fisik yang konsisten memiliki dampak jangka panjang terhadap peningkatan efisiensi sistem pernapasan secara keseluruhan, meskipun peningkatan PEF tidak selalu terdeteksi secara langsung.[9]

Di sisi lain, IMT juga diketahui memiliki kontribusi terhadap fungsi paru, meskipun hubungannya bersifat kompleks dan tidak selalu linear. Peningkatan IMT yang signifikan (seperti pada obesitas) seringkali diasosiasikan dengan penurunan nilai PEF, yang dapat disebabkan oleh restriksi mekanik akibat akumulasi lemak pada dinding dada dan abdomen yang menghambat ekspansi paru. Sebaliknya, IMT yang terlalu rendah (*underweight*) juga berisiko menurunkan nilai PEF akibat kelemahan otot respirasi. Studi oleh Jordan *et al*[13]. menunjukkan adanya korelasi positif antara IMT dan nilai PEF ($p = 0,001$; $r = 0,260$), meskipun korelasinya tergolong lemah. Lingkar pinggang, sebagai indikator distribusi lemak sentral, juga menunjukkan korelasi signifikan terhadap nilai PEF ($p < 0,001$; $r = 0,342$).[13]

Terlepas dari temuan-temuan tersebut, beberapa penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Wahyu & Mourisa[10]dan Arslan *et al*[11].tidak menemukan hubungan bermakna antara IMT maupun aktivitas fisik dengan nilai PEF secara statistik, terutama pada populasi mahasiswa dan remaja. Perbedaan hasil ini

menunjukkan bahwa variabilitas dalam usia, status kesehatan, dan metode pengukuran dapat memengaruhi kekonsistenan hubungan antar variabel tersebut. Oleh karena itu, penelitian yang mengkaji secara simultan pengaruh aktivitas fisik dan IMT terhadap PEF dalam satu populasi yang homogen masih sangat diperlukan.[10,11]

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa aktivitas fisik memiliki peran penting dalam meningkatkan atau mempertahankan fungsi paru, termasuk nilai PEF, sedangkan IMT memberikan pengaruh yang bervariasi tergantung pada tingkat dan distribusi massa tubuh. Kombinasi antara kebugaran fisik dan status gizi yang seimbang berpotensi berkontribusi pada optimalisasi kapasitas pernapasan, yang dalam konteks ini dapat dinilai melalui nilai PEF sebagai indikator fungsional non-invasif. Dengan demikian, penelitian ini menjadi relevan dalam menggali hubungan kedua faktor tersebut secara bersamaan terhadap kapasitas ventilasi paru pada populasi dewasa.

## 2.2 Ringkasan Pustaka

Tabel 2 Ringkasan Pustaka

| Peneliti | Lokasi & waktu | Desain | Subjek | Variabel yang diteliti | Lama | Hasil |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dong, *et al*.[4] | Cina, 2024 | *Cross-sectional* | 729 partisipan berusia ≥ 60 tahun dari data *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) | Fungsi kognitif, aktivitas fisik, dan *peak expiratory flow* (PEF) | 1 tahun | Terdapat hubungan positif antara skor kognitif global dan aktivitas fisik (β = 0,16; p < 0,001), aktivitas rekreasional (β = 0,22; p < 0,001), serta nilai PEF dalam persentase prediksi (PEF%) (β = 0,18; p < 0,001).<br>PEF secara signifikan memediasi hubungan antara aktivitas fisik dan fungsi kognitif |
| Imanita, *et al*.[12] | Universitas Diponegoro, 2018 | Quasi-eksperimental dengan metode perbandingan | 56 mahasiswa berusia 18-21 tahun | *Peak expiratory flow rate* (PEFR) dan *High Intensity* | 3 bulan | Terdapat peningkatan signifikan pada nilai PEFR setelah intervensi HICT selama 8 minggu (p = 0,000).<br>Selisih rerata antara nilai PEFR sebelum dan sesudah intervensi menunjukkan |

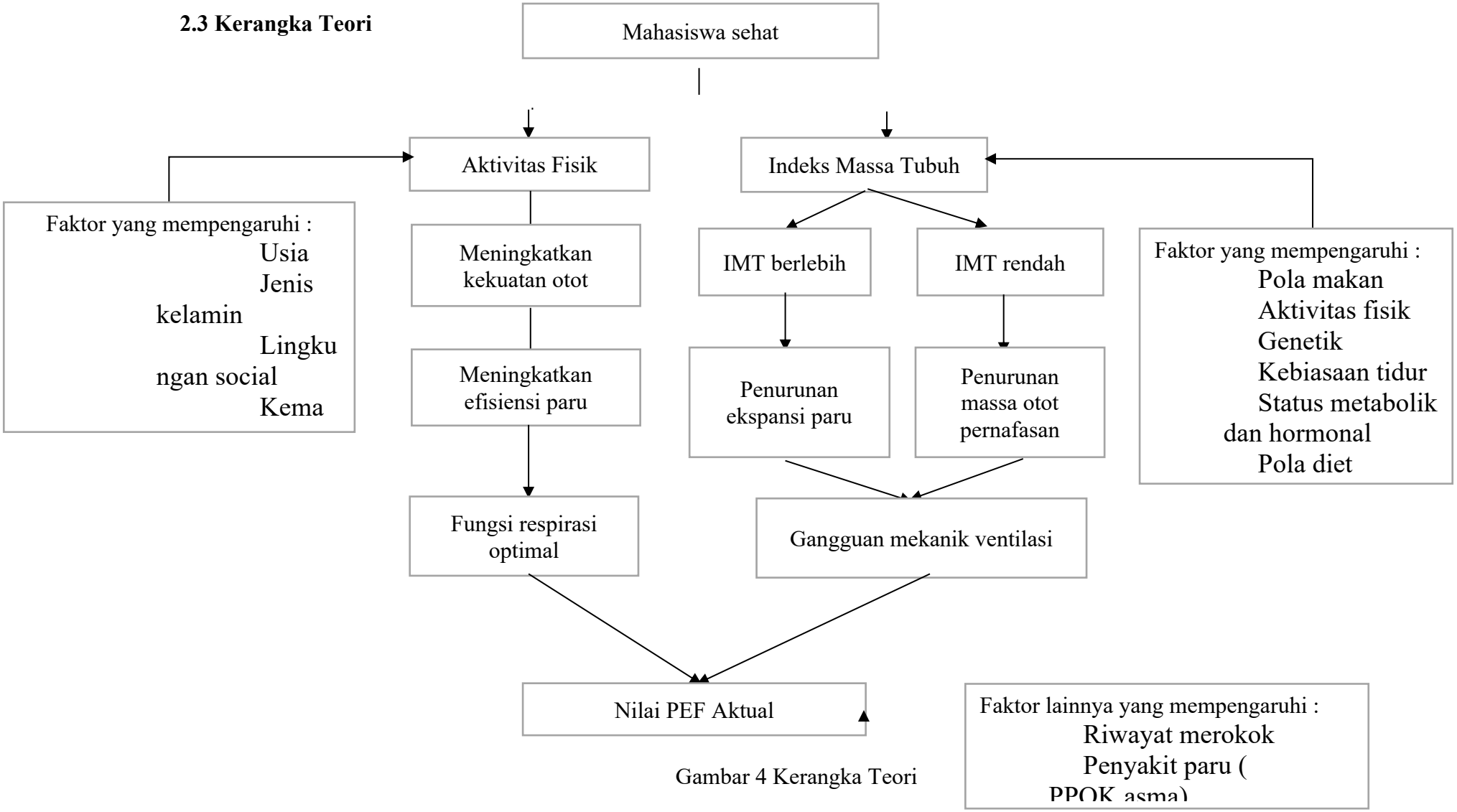
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | pre-test dan post-test | | *Circuit Training* (HICT) | | peningkatan yang bermakna secara statistik (p = 0,001). |
| Peneliti | Lokasi & waktu | Desain | Subjek | Variabel yang diteliti | Lama | Hasil |
| Jordan, *et a.*[13] | Universitas Diponegoro, 2020 | *Cross-sectional* | 169 mahasiswa Fakultas Kedokteran semester pertama | Indeks Massa Tubuh (IMT), *waist circumference* (WC), dan PEFR | 1 bulan | Sebagian besar responden memiliki IMT normal, dengan rerata 23,38 ±0,36 kg/m². Analisis korelasi menunjukkan hubungan signifikan antara IMT dan PEFR (p = 0,001, R = 0,260( WC juga menunjukkan korelasi positif signifikan terhadap PEFR (p < 0,001, R = 0,342). IMT dan WC secara simultan menunjukkan hubungan positif yang signifikan terhadap nilai PEFR (F < 0,001, R = 0,361). |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Arslan, *et al.*[11] | Sekolah lokal di Helsinki, 2022 | *Cross-sectional* | 90 partisipan berusia 10-13 tahun, terbagi atas 3 kelompok: BB normal, *overweight*, dan obesitas | PEF, aktivitas fisik menggunakan skor PAQ-C, *core performance* menggunakan *modified push-ups* (MPU), dan parameter antropometrik (lingkar perut, lingkar leher, dan IMT) | 4 bulan | Nilai PEF dalam PEF% pred dan aktivitas fisik tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar kelompok ($p > 0,05$).<br><br>MPU secara signifikan lebih rendah pada kelompok obesitas dibandingkan kelompok overweight ($p = 0,019$) dan normal ($p < 0,001$).<br><br>Pada kelompok obesitas, PEF% pred berkorelasi signifikan dengan jumlah repetisi MPU ($p = 0,029$), namun tidak terdapat signifikansi pada kelompok lainnya. Aktivitas fisik hanya berhubungan dengan fungsi paru (PEF% pred) pada kelompok obesitas. |
| Wahyu & Mourisa[10] | Universitas Muhammadiyah | *Cross-sectional* | 92 mahasiswi Fakultas | PEF dan IMT | 1 bulan | Penurunan nilai APE < 80% lebih banyak terdapat pada kelompok *obese* |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sumatera Utara, 2016 | | Kedokteran semester 3 hingga 7 | | | (13,04 %) dibandingkan pada kelompok *overweight* (11,96 % ), *underweight* (9,78 %), dan *normoweight* (5,43%).<br><br>Tidak terdapat hubungan bermakna antara nilai APE dengan IMT (p > 0,05). |
| Marangoz, *et al*[9] | Turki, 2016 | *Cross-sectional* | 29 atlet yang menjalani latihan fisik secara rutin dalam jangka panjang, dan 27 individu dengan gaya hidup sedentari yang tidak secara aktif terlibat dalam | *Forced Expiratory Volume in 1st Second* (FEV1), *Forced Vital Capacity* (FVC), *Peak Expiratory Flow* (PEF), *Vital Capacity* (VC), *Maximum Voluntary Ventilation* | 1 bulan | Tidak ditemukan perbedaan signifikan antara kelompok atlet dan individu sedentari dalam hal usia, tinggi badan, berat badan, IMT, $FEV_1$, dan PEF (p > 0,05). Namun, terdapat perbedaan yang bermakna pada nilai MVV, FVC, dan VC (p < 0,05).<br><br>Meskipun nilai $FEV_1$ dan PEF tidak berbeda antara kedua kelompok, peningkatan fungsi paru yang lebih baik terlihat pada kelompok yang menjalani |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | cabang olahraga apa pun. | (MVV), IMT | dan | latihan fisik secara rutin, khususnya pada parameter MVV, FVC, dan VC. |

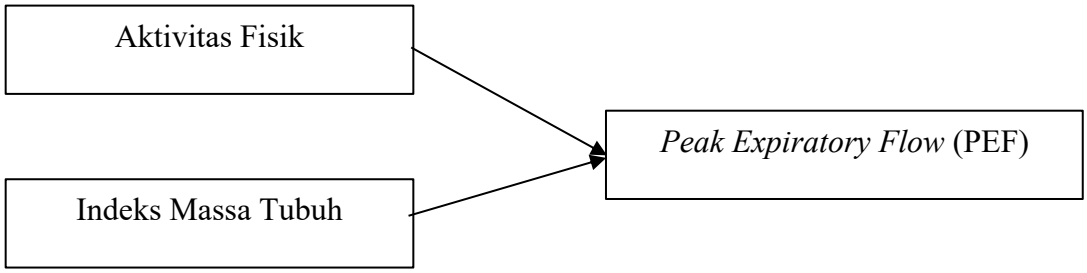
**2.3 Kerangka Teori**




Gambar 4 Kerangka Teori

# BAB III
# KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

## 3.1 Kerangka Konsep




## 3.2 Variabel Penelitian

### 3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tingkat aktivitas fisik dan indeks massa tubuh (IMT).

### 3.2.2 Variabel Tergantung

Variabel tergantung dalam penelitian ini adalah *Peak Expiratory Flow* (PEF).

### 3.3 Definisi Operasional

Tabel 3 Definisi Operasional

| Variabel | Definisi Operasional | Alat Ukur | Cara Ukur | Hasil Pengukuran | Skala | Referensi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Aktivitas fisik | Aktivitas fisik merupakan segala bentuk gerakan tubuh yang melibatkan kerja otot rangka dan memerlukan penggunaan energi . | Kuesioner IPAQ-SF | Responden mengisi kuesioner IPAQ-SF tentang aktivitas fisik selama 7 hari terakhir skor dihitung dalam satuan MET-menit/minggu dengan rumus MET x durasi (menit)xfrekuensi(hari),lalu diklasifikasikan | <600MET-menit/minggu = Rendah<br>600<3000 MET – menit/minggu = Sedang<br>>= 3000 MET – menit/minggu = Tinggi | Ordinal | Aritonang JP et al.[50] |
| Indeks massa tubuh | Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah rasio | Timbangan digital untuk berat badan | Berat badan diukur dalam kilogram tanpa alas kaki dan menggunakan pakaian | Klasifikasi IMT menurut Asia-Pasifik | Ordinal | Joshi et al.[51] |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | antara berat badan (dalam kilogram) dengan kuadrat tinggi badan (dalam meter),yang digunakan untuk mengkategorikan status gizi seseorang berdasarkan standar WHO Asia-Pasifik. | dan stadiometer untuk tinggi badan. | ringan. Tinggi badan diukur dalam centimeter, lalu dikonversi ke meter. Rumus IMT: $\text{IMT} = \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)}^2}$ | adalah *Underweight* (IMT <18,5 kg/$m^2$ ), Normal (IMT 18,5 – 23 kg/$m^2$), *Overweight* (IMT >23 kg/$m^2$) | | |
| *Peak expiratory flow* | *Peak expiratory flow* (PEF) adalah laju aliran udara tertinggi yang dapat | *Peak Flow Meter* tipe Mini Wright atau setara yang telah dikalibrasi. | Responden diminta berdiri tegak, menarik napas dalam secara maksimal, kemudian menghembuskan napas secepat dan sekuat | • 1 = zona merah < 50% dari nilai terbaik | Ordinal | *Herndon DN*[54] |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | dicapai selama ekspirasi maksimal yang dilakukan setelah inspirasi maksimal. PEF mencerminkan kapasitas saluran napas besar dan kekuatan otot pernapasan. | | mungkin ke dalam alat peak flow meter sebanyak tiga kali. Nilai tertinggi dari tiga percobaan dicatat sebagai hasil PEF. | pribadi pasien<br>● 2 = Zona Kuning 50% dan 80% dari nilai terbaik pribadi pasien<br>● 3 = zona hijau 80% hingga 100% dari nilai terbaik pribadi pasien. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Usia* | usia produktif ketika seseorang mampu menjalani aktivitas sehari-hari dengan baik. | Kartu tanda penduduk atau kartu identitas lainnya(KTM,SIM) | Responden diminta menunjukkan kartu identitasnya | ● Usia Dewasa: 18-59 tahun<br>● Lansia : > 60 tahun | Ordinal | Kemenkes 2025[55] |
| *Jenis kelamin* | Jenis kelamin mengacu pada ciri-ciri biologis yang membedakan manusia sebagai laki-laki atau perempuan | Kartu tanda penduduk atau kartu identitas lainnya(KTM,SIM) | Responden diminta menunjukkan kartu identitasnya | ● Laki-laki<br>● perempuan | Nominal | WHO.Gender and Health.2019[56] |

# BAB IV
# METODE

## 4.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif analitik dengan pendekatan *cross-sectional*. Pendekatan ini dipilih untuk mengetahui hubungan antara tingkat aktivitas fisik dan indeks massa tubuh (IMT) dengan nilai *Peak Expiratory Flow* (PEF) pada populasi dewasa, di mana seluruh variabel diukur secara bersamaan dalam satu titik waktu.

## 4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

### 4.2.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini akan di laksanakan di Fakultas ilmu komputer Jurusan Teknik Informatika, Universitas Kuningan.

### 4.2.2 Waktu penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan September-Oktober 2025.

## 4.3 Populasi dan Subjek Penelitian

### 4.3.1 Populasi Target

Populasi target adalah seluruh dosen dan staf aktif di Fakultas ilmu komputer.

### 4.3.2 Populasi Terjangkau

Populasi terjangkau adalah dosen dan staf sehat yang berusia 18-59 tahun, di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Kuningan .

### 4.3.3 Subjek

Subjek penelitian adalah mahasiswa yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dan bersedia mengikuti seluruh rangkaian penelitian dengan menandatangani lembar persetujuan (*informed consent*). Adapun kriteria dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Kriteria inklusi
    a. Dosen dan staff yang berusia 18-59 tahun.

b. Tidak memiliki riwayat penyakit paru (asma, PPOK atau tuberkulosis).
c. Tidak sedang mengalami infeksi saluran napas akut.
d. Bersedia mengikuti penelitian dan menandatangani *informed consent*.

2. Kriteria eksklusi
   a. Memiliki riwayat trauma dinding dada yang mengganggu pernapasan.
   b. Ibu hamil.

#### 4.3.3.1 Kriteria Pemilihan Subjek

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa aktif yang terdaftar di Fakultas Ilmu Komputer pada tahun akademik 2025/2026 selama periode September-Oktober 2025 yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Pemilihan sampel pada penelitian ini dilakukan menggunakan teknik *simple random sampling*, di mana tiap anggota populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk dijadikan sampel.

#### 4.3.3.2 Perhitungan Jumlah Subjek

Untuk perhitungan besar sampel diambil dari hasil perhitungan dengan rumus:

1. Populasi infinit

$$n_0 = \frac{(Z\alpha)^2 \times p \times q}{d^2}$$

Keterangan:

$n_0$ = Besar sampel optimal yang dibutuhkan

$Z\alpha$ = Pada tingkat kemaknaan 95% besarnya 1,96

p = Prevalensi PEF rendah (0,04)

q = Prevalensi PEF normal (1-p) = 0,96

d = Akurasi dari ketepatan pengukuran besarnya 0,05

Dalam penelitian ini digunakan P = 0,96 yang merupakan jumlah populasi dengan PEF rendah. Hasil ini didapatkan dari jumlah PEF rendah 3,94% pada laki-laki dan 3,32% pada wanita, sebagaimana disebutkan dalam studi Ji *et all*.[3] Nilai ini dijumlahkan dan dihitung reratanya, sehingga didapatkan nilai 3,63%. Besar sampel dalam penelitian ini, dengan demikian adalah:

$$n_0 = \frac{(1,96)^2 \times 0,0363 \times 0,9637}{(0,0363 \times 0,05)^2} = 407,95 \text{ jadi} = 408$$

2. Populasi finit

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa besar sampel optimal yang dibutuhkan untuk populasi infinit pada penelitian ini adalah sebanyak 59 responden. Angka ini selanjutnya akan dimasukkan ke rumus populasi finit. Diketahui bahwa jumlah Dosen dan staff Fakultas Ilmu Komputer Universitas Kuningan adalah 100 orang, maka:

$$n_0 = \frac{n_0}{1 + (n_0/N)}$$

n = Besar sampel yang dibutuhkan untulk populasi finit

$n_0$ = Besar sampel dari populasi infinit

N = Besar sampel populasi finit = 100

$$n = \frac{408}{1 + (408/100)}$$

$$n = 80$$

Maka besar sampel yang dibutuhkan untuk populasi finit adalah 80 orang. Untuk menghindari *drop-out* akibat kejadian yang tidak diinginkan selama periode penelitian, akan ditambahkan 15% dari nilai n. Jumlah sampel yang dibutuhkan dalam penelitian ini dengan demikian adalah sebanyak 92 responden.

## 4.4 Bahan dan Instrumen

1. Aktivitas Fisik

   Aktivitas fisik diukur menggunakan kuesioner *International Physical Activity Questionnaire-Short Form (IPAQ-SF)* kuesioner ini terdiri dari 7 butir pertanyaan berdasarkan aktivitas fisik yang dilakukan responden selama 7 hari terakhir, mencakup aktivitas berat (seperti mengangkat beban berat,menggali,aerobik,bersepeda cepat), aktivitas sedang(seperti mengangkat beban ringan,bersepeda dengan kecepatan biasa,tenis), berjalan, serta durasi duduk.

   Selanjutnya,skor dihitung dengan menggunakan satuan MET (Metabolic Equivalent of Task). Nilai MET yang digunakan untuk masing-masing jenis aktivitas adalah Berjalan sebesar 3,3 MET, aktivitas dengan intensitas sedang sebesar 4,0 MET, aktivitas berat atau tinggi sebesar 8,0 MET, setiap nilai MET tersebut kemudian dikalikan dengan durasi aktivitas (dalam menit) dan frekuensi ( dalam hari).Hasil dari perhitungan ini kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan total skor aktivitas fisik,yang selanjutnya digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat aktivitas fisik seseorang.[53]

   Klasifikasi aktivitas fisik berdasarkan IPAQ *scoring protocol* adalah sebagai berikut:

   - Rendah : < 600 MET -menit/minggu
   - Sedang : 600 $\leq$ x < 3000 MET-menit/minggu
   - Tinggi : $\geq$ 3000 MET-menit/minggu

2. Indeks Massa Tubuh (IMT)

   Indeks massa tubuh (IMT) diperoleh dari hasil pengukuran berat badan dan tinggi badan yang dilakukan secara langsung. Berat badan diukur menggunakan timbangan digital, sedangkan tinggi badan diukur menggunakan stadiometer. IMT dihitung menggunakan rumus standar, yaitu:

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)}^2}$$ Hasil pengukuran IMT kemudian diklasifikasikan berdasarkan kategori Asia-Pasifik[51], sebagai berikut :

*Underweight* (IMT <18,5 kg/m$^2$ ), Normal (IMT 18,5 – 23 kg/m$^2$), *Overweight* (IMT >23 kg/m$^2$)

*Peak Expiratory Flow* (PEF)

Arus puncak ekspirasi (PEF) diukur menggunakan alat *Peak Flow Meter* telah dikalibrasi. Pengukuran dilakukan dalam posisi berdiri, setelah subjek mengambil napas dalam dan menghembuskannya sekuat dan secepat mungkin ke dalam alat. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dan nilai tertinggi dari ketiganya diambil sebagai nilai PEF. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan liter per menit (L/menit). Nilai ini merupakan nilai PEF aktual individu.

Nilai PEF aktual selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai PEF prediksi dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{PEF\%} = \left(\frac{\text{Nilai PEF aktual}}{\text{Nilai PEF prediksi}}\right) \times 100$$

PEF prediksi sendiri dihitung sesuai dengan tinggi badan dan usia, secara spesifik untuk masing-masing jenis kelamin. Rumus prediktif untuk laki-laki adalah sebagai berikut:[19]

$$PEF = \Big(\big((\,Tinggi\ Badan\ dalam\ m\ x\ 5{,}48) + 1{,}58\big) - (Usia\ x\ 0{,}041)\Big)\ x\ 60$$

Sedangkan untuk perempuan, rumusnya adalah sebagai berikut:[19]

$$PEF = \Big(\big((\,Tinggi\ Badan\ dalam\ m\ x\ 3{,}72) + 2{,}24\big) - (Usia\ x\ 0{,}03)\Big)\ x\ 60$$

Hasil dari PEF% selanjutnya akan diinterpretasikan sebagai berikut:

- ≥80% dari prediksi = normal ( zona hijau)
- 50–79% dari prediksi = gangguan sedang ( zona kuning)

- <50% dari prediksi = gangguan berat ( zona merah )

### 4.5 Analisis data

Data yang telah diperoleh pada penelitian ini akan diolah dan dianalisis dengan bantuan program komputer *Statistical Package for Social Science versi* 25 (SPSS 25) dengan analisis univariat dan analisis bivariat dengan uji coba *Chi-square*.

#### 4.5.1 Analisis Univariat

Pada tahap analisis univariat, setiap variabel yang diteliti dianalisis secara terpisah untuk memberikan gambaran umum mengenai distribusi data. Variabel kuantitatif seperti usia, indeks massa tubuh (IMT), skor aktivitas fisik dari kuesioner IPAQ-SF, serta nilai *Peak Expiratory Flow* (PEF) akan dianalisis menggunakan ukuran tendensi sentral dan dispersi, yaitu rata-rata (*mean*), simpangan baku (*standard deviation*), median, serta rentang nilai minimum dan maksimum. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui profil dasar dari partisipan, misalnya apakah mayoritas responden memiliki IMT dalam kategori normal atau apakah tingkat aktivitas fisik cenderung rendah atau sedang. Variabel kategorik seperti jenis kelamin atau kategori IMT (normal dan lebih) akan disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi dan persentase.

#### 4.5.2 Analisis Bivariat

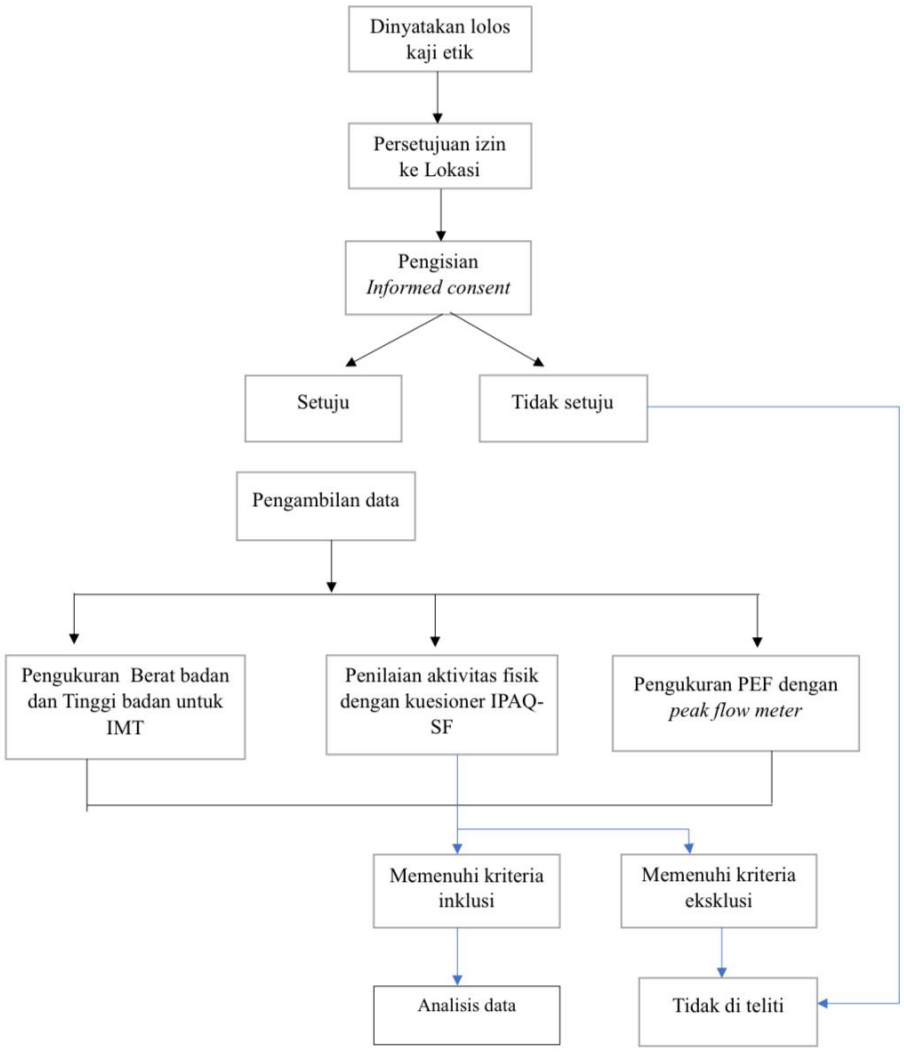
Analisis bivariat dalam penelitian ini dilakukan untuk mengidentifiksi apakah terdapat hubungan antara variabel bebas, yaitu tingkat aktivitas fisik dan indeks massa tubuh (IMT), dengan variabel tergantung yaitu arus puncak ekspirasi (Peak Expiratory Flow/PEF). Dalam penelitian ini maka uji statistik yang digunakan adalah uji *Chi-Square*. Uji ini digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan yang signifikan antara dua variabel kategorik.

Sebelum dilakukan uji *Chi-Square*, akan dilakukan tabulasi silang (cross-tabulation) antara masing-masing variabel bebas dengan variabel tergantung. Jika dalam tabulasi terdapat sel dengan frekuensi yang terlalu kecil (≤5), maka analisis akan dilanjutkan menggunakan Fisher's Exact Test sebagai alternatif. Uji

signifikansi ditentukan dengan tingkat kemaknaan 95% (α = 0,05), sehingga hasil dinyatakan bermakna apabila nilai p < 0,05.

Hasil analisis statistik akan digunakan sebagai dasar untuk menguji hipotesis penelitian dan menarik kesimpulan ilmiah mengenai pengaruh aktivitas fisik dan IMT terhadap kapasitas ventilasi paru yang diukur melalui nilai PEF.

### 4.6 Alur Penelitian




Gambar 6 Alur Penelitian

### 4.7 Etika penelitian

Proposal ini akan diajukan kepada pihak Komisi Etik Riset FK Universitas Trisakti untuk memperoleh *ethical clearance*.Pada penelitian ini,subjek penelitian telah setuju dan secara sukarela mengikuti penelitian ini yang dibuktikan dengan penandatangan *informed consent*.

### 4.8 Jadwal Penelitian

| **Kegiatan** | **2025** | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Feb** | **Mar** | **Apr** | **Mei** | **Jun** | **Jul** | **Agt** | **Sept** | **Okt** | **Nov** | **Des** |
| Penyusunan dan penyelesaian BAB I **(Pendahuluan)** | | | | | | | | | | | |
| Penyusunan dan penyelesaian BAB II (**Tinjauan Pustaka)** | | | | | | | | | | | |
| Penyusunan dan penyelesaian BAB III **(Kerangka konsep &** | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **definisi operasional)** | | | | | | | | | | | |
| Penyusunan dan penyelesaian BAB IV **(Metode)** | | | | | | | | | | | |

## DAFTAR PUSTAKA


1. Powell FL, Wagner PD, West JB. Ventilation, blood flow, and gas exchange. In: Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2015. p. 44–75.e3.
2. Feher J. Lung volumes and airway resistance. In: Quantitative Human Physiology. 2nd ed. Boston: Academic Press; 2017. p. 633–41.
3. Ji C, Xia Y, Dai H, et al. Reference values and related factors for peak expiratory flow in middle-aged and elderly Chinese. Front Public Health. 2021;9. doi:10.3389/fpubh.2021.666600
4. Dong B, Yue Y, Wang Z, et al. Association between physical activity, peak expiratory flow, and cognitive function in aging: a cross-sectional analysis. BMC Geriatr. 2024;24(1). doi:10.1186/s12877-024-05080-4
5. Charoensittisup P, Udomittipong K, Mahoran K, et al. Longitudinal effects of obesity on pulmonary function in obese children and adolescents. Pediatr Res. 2025;97(5):1644–1649. doi:10.1038/s41390-024-03544-2
6. Svartengren M, Cai GH, Malinovschi A, et al. The impact of body mass index, central obesity and physical activity on lung function: results of the EpiHealth study. ERJ Open Res. 2020;6(4):1–10.
7. Kyejo W, Matillya N, Ismail N, et al. The anthropometric determinants of peak expiratory flow rate among children in Dar Es Salaam, Tanzania. BMC Pediatr. 2024;24(1):42. doi:10.1186/s12887-023-04520-1
8. Wulandari SM, Sabina S, Hijriati Y. Factors related to peak expiratory flow rate in pulmonary tuberculosis patients. J Nurs Midwifery Sci. 2024;3.
9. Marangoz İ, Aktug ZB, Çelenk Ç, et al. The comparison of the pulmonary functions of individuals having regular exercises and sedentary individuals. Biomed Res. [no year, no DOI]
10. Wahyu I, Mourisa C. Hubungan nilai arus puncak ekspirasi dengan indeks massa tubuh pada mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2017;1.
11. Akinci B, Arslan K, Ucgun H, et al. Peak expiratory flow, core performance and physical activity in normal-weight, overweight, and obese adolescents. Clin Pediatr Endocrinol. 2024;33(3):124–30. doi:10.1297/cpe.2024-0019
12. Revi Imanita Y, Ambarwati E, Muniroh M, et al. Effect of high intensity circuit training in peak expiratory flow rate value among young male adults. Medico. 2022;11(4):186–90. doi:10.14710/dmj.v11i3.33114

13. Jordan T, Indraswari DA, Basyar E, et al. Correlation between body composition and peak expiratory flow rate in first-year medical students of Diponegoro University. J Respirol Indones. 2023;43(3):177–82.
14. Alexander P. Respiratory physiology for intensivists. In: Critical Heart Disease in Infants and Children. Philadelphia: Elsevier; 2018. p. 134–49.e2.
15. Shah NM, Kaltsakas G. Respiratory complications of obesity: from early changes to respiratory failure. Breathe. 2023;19.
16. DeVrieze BW, Goldin J, Giwa AO. Peak flow rate measurement. StatPearls Publishing. 2024.
17. VanZeller L, Williams A, Pollock A, et al. Comparison of bench test results measuring the accuracy of peak flow meters. BMC Pulm Med. 2019;19(1):73.
18. Chaiparnich T, Ratanachina J, Apiyasawat S, et al. Comparison of a new digital peak flow meter with spirometer and mini-Wright peak flow meter in healthy adults: a prospective study. F1000Res. 2024;13.
19. University of Glasgow. Peak expiratory flow rate. 1st ed. Glasgow: University of Glasgow: School of Medicine, Dentistry & Nursing; 2017.
20. Kyejo W, Matillya N, Ismail N, et al. The anthropometric determinants of peak expiratory flow rate among children in Dar Es Salaam, Tanzania. BMC Pediatr. 2024;24(1):42. doi:10.1186/s12887-023-04520-1
21. Kyejo W, Matillya N, Ismail N, et al. The anthropometric determinants of peak expiratory flow rate among children in Dar Es Salaam, Tanzania. BMC Pediatr. 2024;24(1):42. doi:10.1186/s12887-023-04520-1
22. Arora M, Sandhu PK, Dimple F, et al. Peak expiratory flow rate: anthropometric factors affecting it in elderly females and reference values. AMEI Curr Trends Diagn Treat. 2022;6(2):23–6.
23. Murphy SP, Yates AA, Atkinson SA, et al. History of nutrition: the long road leading to the dietary reference intakes for the United States and Canada. Adv Nutr. 2016;7(1):157–68. doi:10.3945/an.115.010322
24. Piggin J. What is physical activity? A holistic definition for teachers, researchers and policy makers. Front Sports Act Living. 2020;2. doi:10.3389/fspor.2020.00072
25. No author listed. The relevance of muscle fiber type to physical characteristics and performance. Int J Sports Physiol Perform. 2022;18(3):223–33.
26. Piotrowska K, Pabianek Ł. Physical activity – classification, characteristics and health benefits. Qual Sport. 2019;5(2):7–14.

27. Tompuri TT. Metabolic equivalents of task are confounded by adiposity, which disturbs objective measurement of physical activity. Front Physiol. 2015;6. doi:10.3389/fphys.2015.00266
28. Tully MA, Cupples ME, Hart N, et al. Validity of the global physical activity questionnaire (GPAQ) in assessing change in moderate-to-vigorous physical activity and sedentary behavior: a comparison with accelerometer data. BMC Public Health. 2015;14:1255. doi:10.1186/s12889-014-1255-0
29. Can S. Physical activity measurement: objective and subjective methods. Turk J Sports Med. 2019;54(4):296–307.
30. Skender S, Ose J, Chang-Claude J, et al. Accelerometry and physical activity questionnaires – a systematic review. BMC Public Health. 2016;16:515. doi:10.1186/s12889-016-3172-0
31. Dowd KP, Szeklicki R, Minetto MA, et al. A systematic literature review of reviews on techniques for physical activity measurement in adults: a DEDIPAC study. Int J Behav Nutr Phys Act. 2018;15(1):15. doi:10.1186/s12966-017-0636-2
32. Dominelli PB, Sheel AW. The pulmonary physiology of exercise. Adv Physiol Educ. 2024;48(2):238–51. doi:10.1152/advan.00136.2023
33. MacDonald HV, Johnson BT, Huedo-Medina TB, et al. Dynamic resistance training as stand-alone antihypertensive lifestyle therapy: a meta-analysis. J Am Heart Assoc. 2016;5(10):e003231. doi:10.1161/JAHA.116.003231
34. Fuertes E, Carsin AE, Antó JM, et al. Leisure-time vigorous physical activity is associated with better lung function: the prospective ECRHS study. Thorax. 2018;73(4):376–84. doi:10.1136/thoraxjnl-2016-209506
35. Eagles DM, Broadbent S, Vaishali K, et al. Longitudinal relationship between physical activity levels and respiratory function in older adults: results from the ELSA cohort. J Clin Nutr Res. 2024. doi:10.4162/nrp.2024.18.2.155
36. Luzak A, Karrasch S, Thorand B, et al. Association of physical activity with lung function in lung-healthy German adults: results from the KORA FF4 study. BMC Pulm Med. 2017;17(1):215. doi:10.1186/s12890-017-0552-7
37. Li LK, Cassim R, Perret JL, et al. The longitudinal association between physical activity, strength and fitness, and lung function: a UK Biobank cohort study. Respir Med. 2023;220:107135. doi:10.1016/j.rmed.2023.107135

38. Zhu Q, Zhu J, Wang X, et al. A meta-analysis of physical exercise on improving lung function and quality of life among asthma patients. J Asthma Allergy. 2022;15:939–55. doi:10.2147/JAA.S381585
39. Jing Z, Wang X, Zhang P, et al. Effects of physical activity on lung function and quality of life in asthmatic children: an updated systematic review and meta-analysis. Front Pediatr. 2023;11. doi:10.3389/fped.2023.1175486
40. Srivastav P, Vaishali K, Rajwar E, et al. Factors associated with physical activity participation among children: a systematic review protocol. Syst Rev. 2023;12. doi:10.1186/s13643-023-02200-z
41. Oluyinka S, Endozo A. Factors affecting physical activity participation among university students. J Soc Sci Res. 2019;14:3161–70.
42. Nuttall FQ. Body mass index: obesity, BMI, and health: a critical review. Nutr Today. 2015;50(3):117–28. doi:10.1097/NT.0000000000000092
43. Al-Gindan YY, Hankey CR, Govan L, et al. Derivation and validation of simple anthropometric equations to predict adipose tissue mass and total fat mass with MRI as the reference method. Br J Nutr. 2015;114(S11):1852–67. doi:10.1017/S0007114515003791
44. Rojroongwasinkul N, Bao KLN, Sandjaja S, et al. Length and height percentiles for children in the South-East Asian nutrition surveys (SEANUTS). Public Health Nutr. 2016;19(10):1741–50. doi:10.1017/S1368980015003038
45. Connor B, Weir A, Jan A. BMI classification percentile and cut-off points. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
46. Sideleva O, Suratt BT, Black KE, et al. Pathobiology of late-onset asthma associated with obesity in adults. Respir Res. 2018;19(1):117. doi:10.1186/s12931-018-0826-0
47. Joshi R, Malla R, Bhattarai MD, et al. Prevalence of gestational diabetes mellitus in overweight pregnant women in urban antenatal clinic at 24–28 weeks of gestation. Med J Shree Birendra Hosp. 2017;16(2):55–62.
48. Dixon AE, Peters U. The effect of obesity on lung function. Expert Rev Respir Med. 2018;12:755–67. doi:10.1080/17476348.2018.1506333
49. Elsaidy WH, Alzahrani SA, Boodai SM. Exploring the correlation between body mass index and lung function test parameters: a cross-sectional analytical study. BMC Res Notes. 2024;17(1):320. doi:10.1186/s13104-024-06528-4
50. Schaeffer MR, Kumar DS, Assayag D, et al. Association of BMI with pulmonary function, functional capacity, symptoms, and quality of life in ILD. Respir Med. 2022;195:106792. doi:10.1016/j.rmed.2022.106792

51. Sun Y, Zhang Y, Liu X, et al. Association between body mass index and respiratory symptoms in US adults: a national cross-sectional study. Sci Rep. 2024;14(1). doi:10.1038/s41598-024-58338-3
52. Tang X, Lei J, Li W, et al. The relationship between BMI and lung function in populations with different characteristics: a cross-sectional study based on the Enjoying Breathing Program in China. Int J COPD. 2022;17:2677–92. doi:10.2147/COPD.S380123
53. Aritonang JP, Widiastuti IAE, Harahap IL. Gambaran tingkat aktivitas fisik mahasiswa pendidikan dokter Fakultas Kedokteran Universitas Mataram di masa pandemi COVID-19. eJKI. 2022;10(1):58–63.
54. Herndon DN, editor. Total Burn Care. 5th ed. Philadelphia: Elsevier; 2018.
55. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Kategori Usia – Ayo Sehat. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; [cited 2025].
56. World Health Organization. Gender. Geneva: World Health Organization; 2019.

**Lampiran 1** *Dummy Table*

Tabel 1 Karakteristik Subjek Penelitian

| Variabel | Mean ± SD | Median | Min | Max |
|---|---|---|---|---|
| Usia | | | | |
| Skor IPAQ | | | | |
| PEF | | | | |

Tabel 2 Distribusi Frekuensi Variabel Kategorik

| Variabel | Frekuensi (n) | Persentase (%) |
|---|---|---|
| **Jenis Kelamin** | | |
| Laki-laki | | |
| Perempuan | | |
| **IMT** | | |
| Normal | | |
| Lebih | | |

Tabel 3 Hubungan antara Aktivitas Fisik dan IMT dengan Nilai PEF

| Variabel | PEF | | *p value* |
|---|---|---|---|
| | Normal | Gangguan Berat | |
| **Aktivitas fisik** | | | |
| Rendah | | | |
| Sedang | | | |
| Tinggi | | | |
| **IMT** | | | |
| Normal | | | |
| Lebih | | | |

**Lampiran 2** *Informed Consent*

## *INFORMED CONSENT*

Penjelasan mengenai penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara tingkat aktivitas fisik dan indeks massa tubuh (IMT) dengan kapasitas fungsi paru, khususnya arus puncak ekspirasi (peak expiratory flow) pada orang dewasa.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada peningkatan pemahaman mengenai pentingnya aktivitas fisik dan status gizi terhadap kesehatan paru-paru.

Kami mengundang bapak/ibu/saudara untuk ikut serta dalam penelitian ini secara sukarela. Apabila bersedia, peneliti akan: (1) melakukan wawancara mengenai data diri dan tingkat aktivitas fisik; (2) melakukan pengukuran tinggi badan dan berat badan; dan (3) melakukan pemeriksaan arus puncak ekspirasi menggunakan peak flow meter. Seluruh data dan hasil pemeriksaan akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk keperluan penelitian.

Apabila terdapat pertanyaan, bapak/ibu/saudara dapat menghubungi peneliti melalui nomor telepon: .....

Partisipasi dalam penelitian ini bersifat sukarela. Bapak/ibu/saudara bebas menolak atau menghentikan partisipasi kapan saja tanpa konsekuensi apa pun. Jika bersedia berpartisipasi, mohon menandatangani formulir persetujuan berikut.

Jakarta, ..... 2025

Hana Fajrin Kamilia

## FORMULIR PERSETUJUAN

Semua penjelasan di atas telah disampaikan kepada saya dan telah saya pahami. Dengan menandatangani formulir ini saya **SETUJU** untuk ikut serta dalam penelitian ini.

Nama :

Tanda Tangan :

Tanggal :

**Lampiran 3** Kuesioner *Internasional Physical Activity Questioner-Short Form*

**Kuesioner *International Physical Activity Questionnaire-Short Form***
**(IPAQ-SF)**

Pertanyaan-pertanyaan yang ada akan menanyakan Anda mengenai waktu yang dihabiskan untuk aktif secara fisik dalam 7 hari terakhir. Mohon jawab setiap pertanyaan walaupun Anda tidak menganggap diri Anda aktif. Mohon pikirkan tentang aktivitas-aktivitas yang Anda lakukan saat bekerja, sebagai bagian dari pekerjaan rumah dan pekerjaan halaman, pergi dari tempat ke tempat, dan dalam waktu luang Anda untuk rekreasi, latihan atau olahraga.

1. Selama **7 hari terakhir**, berapa hari Anda melakukan **aktivitas-aktivitas fisik berat** seperti mengangkat beban berat, menggali, aerobik, atau bersepeda cepat? _____ **kali per minggu**

   ☐ Tidak ada aktivitas berat → ***Lanjut ke pertanyaan 3***
2. Berapa lama waktu yang Anda biasanya habiskan melakukan **aktivitas-aktivitas fisik berat** pada salah satu dari hari-hari tersebut?

   _____ **jam per hari**

   _____ **menit per hari**
3. Selama **7 hari terakhir**, berapa hari Anda melakukan **aktivitas-aktivitasfisik moderat** seperti mengangkat beban ringan, bersepeda dengan kecepatan biasa, atau tenis? Tidak termasuk berjalan.

   _____ **kali per minggu**

   ☐ Tidak ada aktivitas fisik moderat → ***Lanjut ke pertanyaan 5***
4. Berapa lama waktu yang Anda biasanya habiskan melakukan **aktivitas-aktivitas fisik moderat** pada salah satu dari hari-hari tersebut?

   _____ **jam per hari**

   _____ **menit per hari**
5. Selama **7 hari terakhir**, berapa hari Anda **berjalan** untuk sekurang-kurangnya 10 menit sekali waktu? Termasuk saat bekerja dan dalam rumah, berjalan untuk bepergian dari tempat ke tempat, dan berjalan lainnya yang

telah Anda lakukan semata-mata untuk rekreasi, olahraga, latihan, atau bersantai.

_____ **hari per minggu**

☐ Tidak berjalan → ***Lanjut ke pertanyaan 7***

6. Berapa banyak waktu yang biasa Anda habiskan untuk **berjalan** pada salah satu dari hari-hari tersebut?

   _____ **jam per hari**

   _____ **menit per hari**

7. Selama **7 hari terakhir**, berapa banyak waktu yang Anda habiskan untuk duduk pada hari-hari dalam seminggu? Termasuk waktu yang dihabiskan saat bekerja, di rumah, saat mengerjakan tugas dan selama waktu luang.

   _____ **jam per hari**

   _____ **menit per hari**

Nama :

Usia :

Jenis kelamin :

1.Apakah Anda memiliki penyakit paru?

☐ Ya

☐ Tidak

(jika ya, sebutkan : ..... )

2.Apakah Anda sedang hamil?

☐ Ya

☐ Tidak

3. Apakah Anda merokok?

☐ Ya

☐ Tidak

4.Apakah dalam 2 minggu terakhir Anda mengalami batuk,pilek,demam atau sesak nafas?

☐ Ya

☐ Tidak