

BAB 2

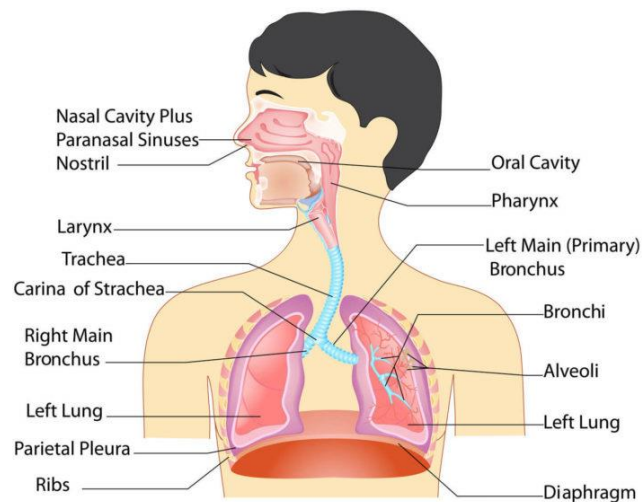
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anatomi dan fisiologi pernapasan

2.1.1 Anatomi pernapasan

Cavum thoracis adalah suatu ruangan berbentuk silinder tidak beraturan yang memiliki pintu atas (apertura thoracica superior) yang sempit dan pintu bawah (apertura thoracica inferior) yang lebih lebar. Cavum thoracis terdiri dari dinding, yang dibentuk oleh otot dan tulang dada, 2 cavitas pleuralis, pulmo, dan mediastinum. Cavum thoracis berfungsi untuk mewedahi dan melindungi jantung, pulmo, dan pembuluh darah besar, berperan penting saat bernapas, dan sebagai penyangga untuk ekstremitas superior.⁹

Salah satu organ yang berada di cavum thoracis adalah pulmo. Pulmo merupakan organ respirasi dan terletak di masing-masing sisi mediastinum yang dikelilingi oleh cavitas pleuralis sinistra dan dextra. Normalnya pulmo dextra lebih besar dibandingkan pulmo sinistra. Pulmo merupakan susunan dari bronkus, bronkiolus respiratori, alveoli, saraf, dan sistem limfatik.⁹



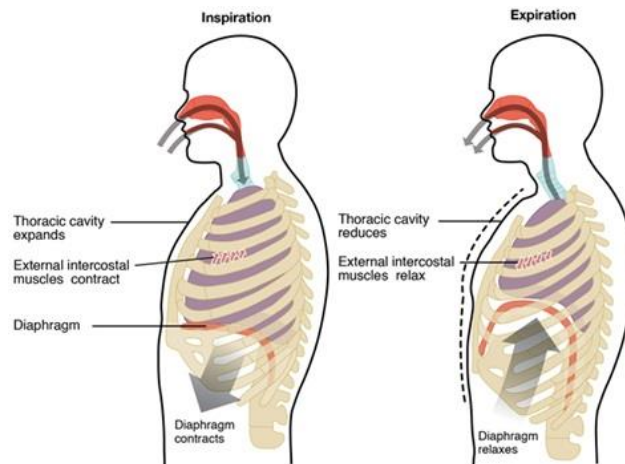
Gambar 1. Anatomi Pulmo¹⁰

2.1.2 Fisiologi pernapasan

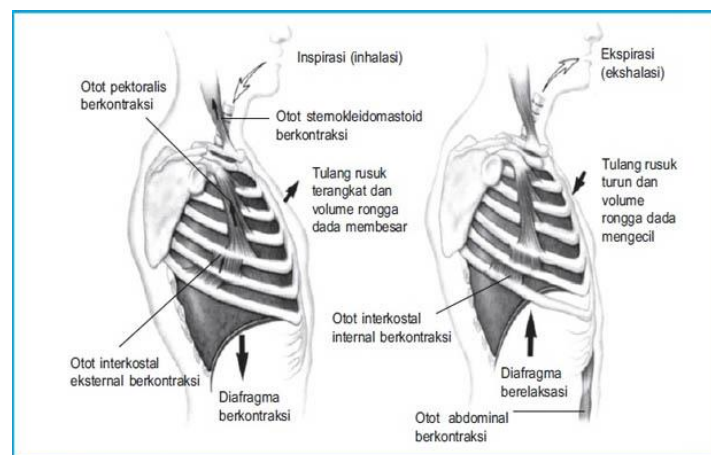
Ketika manusia bernapas, udara masuk ke pulmo dan menyebabkan pulmo akan mengembang. Pulmo dapat dikembang-kempiskan melalui dua mekanisme yaitu dengan gerakan naik turunnya diafragma untuk memperbesar atau memperkecil rongga dada dan mengangkat dan menekan tulang iga untuk memperbesar dan memperkecil diameter anteroposterior dari rongga dada.¹¹

Pada mekanisme pernapasan menggunakan otot diafragma, kontraksi otot diafragma akan menarik permukaan bawah paru ke arah bawah, terjadilah proses inspirasi. Selama ekspirasi, diafragma berelaksasi dan sifat rekoil elastik paru, dinding dada, dan struktur abdomen akan menekan paru dan mengeluarkan udara. Mekanisme kedua, dengan campur tangan tulang iga, dengan proses pengangkatan tulang iga oleh otot pernapasan (otot *interkostalis eksterna*) maka tulang iga akan maju sehingga sternum juga bergerak ke depan menjauhi spinal, yang membuat jarak anteroposterior dada diperbesar kira-kira 20% selama inspirasi maksimum

dibanding saat ekspirasi. Pada proses ekspirasi, tulang iga dibantu dengan otot *interkostalis internus* akan menarik rangka iga ke bawah, sehingga diameter anteroposterior akan mengecil kembali.¹¹



Gambar 2. Proses pernapasan dengan otot diafragma¹²



Gambar 3. Proses pernapasan dengan tulang iga¹³

2.1.2.1 Volume paru

Volume paru merupakan gambaran fungsi dari sistem ventilasi manusia, yang dapat diukur menggunakan alat spirometri.¹¹ Volume paru dibagi menjadi empat volume. Parameter yang menggambarkan volume paru adalah :

1) Volume Tidal (*Tidal Volume = TV*)

Volume tidal merupakan volume udara yang diinspirasi atau diekspirasi setiap kali bernapas normal; besarnya kira-kira 500 ml pada laki-laki dewasa.

2) Volume Cadangan Inspirasi (*Inspiratory Reserve Volume = IRV*)

Volume Cadangan Inspirasi merupakan volume udara ekstra yang dapat diinspirasi setelah dan di atas volume tidal normal bila dilakukan inspirasi kuat; biasanya mencapai 3.000 ml.

3) Volume Cadangan Ekspirasi (*Expiratory Reserve Volume = ERV*)

Volume Cadangan Ekspirasi merupakan volume udara ekstra maksimal yang dapat diekspirasi melalui ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi tidal normal; jumlah normal sekitar 1.000 ml.

4) Volume Residu (*Residual Volume = RV*)

Volume Residu merupakan volume udara yang masih tetap berada dalam paru setelah ekspirasi paling kuat; biasanya kira-kira 1.200 ml.

2.1.2.2 Kapasitas paru

Kapasitas paru merupakan kombinasi dua atau lebih volume paru.¹¹ Kapasitas paru juga digunakan sebagai gambaran fungsi ventilasi sistem respirasi manusia. Kapasitas paru dibagi menjadi empat, yang dapat diuraikan sebagai berikut :

1) Kapasitas Inspirasi (*Inspiratory Capacity = IC*)

Kapasitas Inspirasi merupakan jumlah udara yang dapat dihirup oleh seseorang yang didapatkan dari penjumlahan dari volume tidal (TV) dengan volume cadangan inspirasi (IRV). Nilai rata-rata sekitar 3.500 ml.

2) Kapasitas Residu Fungsional (*Functional Residual Capacity = FRC*)

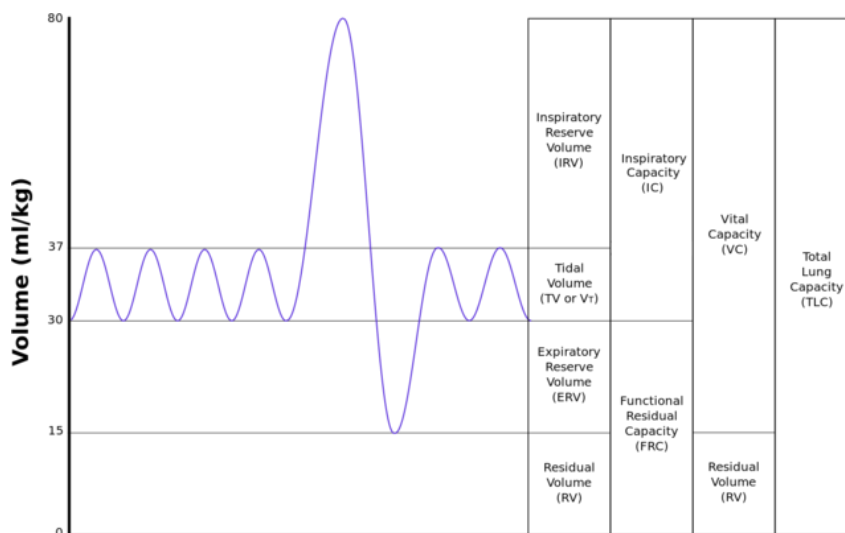
Kapasitas Residu Fungsional merupakan jumlah udara yang tersisa dalam paru pada akhir respirasi normal, biasanya sekitar 2.300 ml. Kapasitas ini didapatkan dengan menjumlahkan volume cadangan ekspirasi (ERV) dengan volume residu (RV).

3) Kapasitas Vital (*Vital Capacity = VC*)

Kapasitas Vital merupakan jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru, setelah terlebih dul mengisi paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya, nilai rata-rata VC pada orang dewasa kira-kira 4.600 ml. Nilai tersebut didapat dari penjumlahan volume cadangan inspirasi (IRV) + volume tidal (TV) + volume cadangan ekspirasi (ERV).

4) Kapasitas Paru Total (*Total Lung Capacity = TLC*)

Kapasitas Paru Total merupakan volume maksimum yang dapat mengembangkan paru sebesar mungkin dengan inspirasi sekuat mungkin, biasanya sekitar 5.800 ml. Nilai Kapasitas Paru Total didapat dari penjumlahan semua volume ($TLC = TV + IRV + ERV + RV$) atau penjumlahan kapasitas vital (VC) ditambah volume residu (RV).



Gambar 4. Spirogram dari volume dan kapasitas paru¹¹

2.2 VO₂Max

2.2.1 Definisi VO₂Max

VO₂Max adalah jumlah oksigen maksimum yang dikonsumsi yang dinyatakan dalam liter per menit atau milliliter/menit/kg berat badan.⁷ VO₂Max dikenal luas sebagai representasi dari tingkat respirasi seluler dalam berbagai metabolisme dan keterbatasan fungsional dari sistem kardiorespirasi serta ukuran kebugaran aerobik seseorang.^{14,15} VO₂Max dipengaruhi oleh sistem jantung dengan sistem respirasi namun sistem jantung memegang peranan lebih besar, hal ini

karena jumlah O₂ yang digunakan tubuh tidak pernah melebihi nilai rata-rata O₂ yang dikirim oleh sistem jantung ke jaringan.^{4,15} Hal tersebut menyebabkan nilai VO₂Max dianggap sebagai indikator baik dari ketahanan aerobik.⁴

Konsumsi oksigen seseorang dapat ditingkatkan dengan melakukan kerja, semakin berat beban kerja yang dilakukan maka makin tinggi oksigen yang dikonsumsi. Namun ketika beban kerja ditambah terus, tidak akan diikuti dengan peningkatan konsumsi oksigen lagi dan konsumsi oksigen mulai konstan. Keadaan tersebut dikatakan konsumsi oksigen sudah maksimal (VO₂Max).^{4,14}

2.2.2 Faktor yang mempengaruhi VO₂Max

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konsumsi maksimal oksigen diantaranya adalah fungsi dari organ penting seperti jantung, paru, dan pembuluh darah harus berfungsi dengan baik. Faktor lainnya adalah proses penyampaian oksigen ke jaringan-jaringan oleh sel-sel darah merah harus normal.¹⁶

Beberapa faktor yang mempengaruhi level VO₂Max adalah :

1) Jenis kelamin

Setelah masa pubertas, pada usia yang sama konsumsi oksigen maksimal perempuan 20% lebih rendah dari laki-laki. Hal ini disebabkan karena perbedaan hormonal yang menyebabkan wanita memiliki konsentrasi hemoglobin lebih rendah dan lemak lebih banyak dibanding laki-laki.^{16,17}

2) Usia

Nilai puncak VO₂Max dicapai pada usia 17-20 tahun. Setelah usia 25 tahun, nilai VO₂Max akan menurun secara linier dengan penambahan

usia (1% per tahun).⁶ Dalam usia 55 tahun, VO₂Max lebih kurang 27% lebih rendah dari usia 25 tahun. Pada individu yang mempunyai banyak kegiatan, nilai VO₂Max akan menurun secara lebih perlahan (5% per dekade), sedangkan pada orang dengan gaya hidup sedenter penurunan VO₂Max dapat mencapai 10% per dekade.^{8,16}

3) Genetik

Seseorang mungkin saja mempunyai potensi yang lebih besar untuk mengonsumsi oksigen, mempunyai suplai pembuluh darah kapiler yang lebih baik terhadap otot-otot, mempunyai kapasitas paru yang lebih besar, dan jantung yang lebih kuat. Konsumsi oksigen maksimum untuk mereka yang kembar identik sama.¹⁶

4) Komposisi tubuh

Beberapa unsur komposisi tubuh yang dapat berpengaruh adalah berat badan dan tinggi badan. IMT didapatkan dari pembagian berat badan (kilogram) dengan kuadrat tinggi badan (meter).

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

Hubungan IMT dengan ketahanan sistem kardiorespirasi adalah berbanding terbalik, semakin tinggi nilai IMT maka nilai VO₂Max akan makin kecil.^{8,9,10}

5) Latihan atau olahraga

Nilai VO₂Max dapat diperbaiki dengan olahraga atau latihan. Dengan latihan yang terstruktur, dapat memperbaiki konsumsi oksigen maksimal dari 5% sampai 25%.^{16,18} Bahkan pada atlet terjadi

peningkatan nilai kapasitas paru lain yang dapat digunakan sebagai penilaian terhadap fungsi paru jika dibanding dengan non-atlet.^{19,20}

6) Kadar hemoglobin dan sel darah merah

Ditinjau dari fungsinya, hemoglobin berfungsi mengangkut oksigen, maka kadar hemoglobin dapat digunakan untuk menentukan kadar oksigen yang tersedia. Meningkatnya sel darah merah dapat meningkatkan nilai VO_2Max , hal ini disebabkan karena terjadi peningkatan *oxygen-carrying capacity*.^{4,17}

7) Suhu

Peningkatan kadar hormon progesteron pada masa luteal menstruasi akan meningkatkan suhu basal tubuh. Hal ini dikarenakan progesteron mempunyai efek termogenik. Efek termogenik dari progesteron akan meningkatkan BMR sehingga akan berpengaruh pada sistem kardiovaskular dan akan mempengaruhi nilai VO_2Max .^{17,21}

8) Kardiovaskuler

VO_2Max dipengaruhi oleh sistem jantung, hal ini karena jumlah O_2 yang digunakan tubuh tidak pernah melebihi nilai rata-rata O_2 yang dikirim oleh sistem jantung ke jaringan.^{4,15}

9) Pulmonal

Faktor yang berpengaruh pada sistem pulmonal adalah perbedaan oksigen arteri-vena (*A-V O_2diff*) yaitu kemampuan sistem respirasi dalam membawa oksigen menuju darah. Selama aktivitas fisik yang intens, *A-V O_2diff* akan meningkat karena oksigen darah lebih banyak

dilepas ke otot yang sedang bekerja, sehingga oksigen darah vena berkurang yang menyebabkan pengiriman oksigen ke jaringan naik hingga tiga kali lipat daripada kondisi biasa. Hal ini disebabkan karena menurunnya *mixed venous oxygen content*.¹⁷

2.2.3 Pengukuran VO₂Max

Proses evaluasi dari suatu pembinaan olahraga dilihat dari seberapa besar efek yang dihasilkan. Untuk mengetahui seberapa besar efek perlu dilakukan pengukuran. Mengukur VO₂Max dapat dilakukan dengan berbagai jenis tes, yaitu :

1) Ergometer Sepeda

Dilakukan menggunakan sepeda statis yang dikayuh untuk mendapatkan beban kerja. Saat melakukan percobaan ini, subjek dipasang EKG untuk merekam kerja jantung dan dilakukan pengukuran tekanan darah di awal dan akhir dari percobaan. Nilai VO₂Max didapat dengan menggunakan Nomogram Astrand, khususnya menggunakan skala beban kerja.^{4,8}

2) *Treadmill*

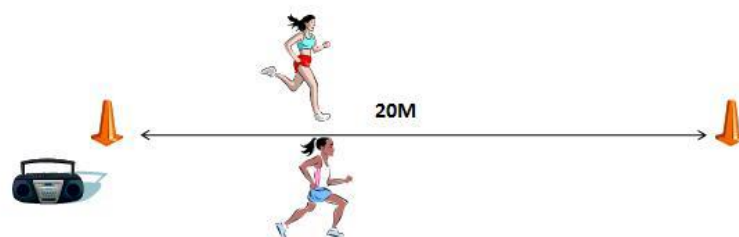
Pada percobaan ini dapat digunakan beberapa metode, antara lain: (1) Metode Mitchell, Sproule, dan Chapman, (2) Metode Saltin-Astrans, dan (3) Metode OSU. Keuntungan menggunakan *treadmill* yaitu memiliki nilai beban kerja yang konstan, mudah mengatur beban kerja pada level yang diinginkan, dan mudah dilakukan karena hampir semua orang terbiasa dengan keahlian yang dibutuhkan yakni berjalan dan berlari. Meskipun demikian, karena alat yang mahal dan berat, tes ini tidak praktis untuk dilakukan.²²

3) *Step Test*

Percobaan ini memiliki banyak variasi yang berhubungan dengan jumlah langkah per menit dan tinggi bangku yang digunakan untuk menghasilkan beban kerja. Subjek melakukan gerakan naik turun bangku bergantian kaki dengan irama yang sudah diatur dengan metronome. Nilai $VO_2\text{Max}$ bisa didapat dengan Normogram Astrand berdasarkan denyut dan berat badan atau menggunakan perhitungan rumus. Beberapa data yang dibutuhkan untuk menghitung $VO_2\text{Max}$ adalah denyut jantung pemulihan. Beberapa variasi tersebut misalnya: (1) *Harvard Step Test*, (2) *Queen's College Step Test*, (3) *Tuttle Step Test*, (4) *Ohio Step Test*, (5) *YMCA Step test*, dan (6) *Tecumseh Step Test*.²²

4) *Field Test*

Tes ini sangat mudah dilakukan karena tidak membutuhkan alat khusus. Subjek diminta berlari berdasarkan jarak atau waktu tertentu. Beberapa variasi dari tes ini adalah *12 minutes run*, *1,5 miles run*, dan *2,4 km run test*.⁸ Beberapa variasi dari tes ini adalah *Bleep Test*, *Balke Test*, dan *Cooper Test*.⁴



Gambar 5. *Multistage Fitness Test* atau *Bleep Test*²³

Bleep Test atau *Multistage Fitness Test* merupakan metode pengukuran $VO_2\text{Max}$ tidak langsung dan paling populer untuk tes lapangan.²⁴ Percobaan yang dilakukan dengan lari menempuh jarak 20 meter bolak-balik, dimulai dari lari secara lambat lalu secara bertahap semakin cepat hingga subjek tidak dapat mengikuti irama waktu lari.²⁵ Hal tersebut berarti subjek sudah mencapai kemampuan maksimalnya pada percobaan tersebut. Kelebihan percobaan ini adalah dapat dilakukan pada kelompok besar sekaligus, namun percobaan ini sangat dipengaruhi oleh tingkat motivasi dari subjek dan bersifat sangat subjektif.^{4,24}

FORMULIR PENGHITUNGAN BALIKAN *MULTISTAGE FITNESS TEST*

Level / Tingkatan ke	Shuttle / Balikan ke
1	1 2 3 4 5 6 7
2	1 2 3 4 5 6 7 8
3	1 2 3 4 5 6 7 8
4	1 2 3 4 5 6 7 8 9
5	1 2 3 4 5 6 7 8 9
6	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
7	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
8	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
9	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
11	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
13	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
14	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
16	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
17	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
18	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
19	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
21	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Kemampuan Maksimal :
 Tingkatan :
 Balikan :
 VO₂Max :ml/kgBB/menit

Gambar 6. Form penghitungan *Multistage Fitness Test* atau *Bleep Test*²⁶

Prediksi Nilai VO₂Max *Multistage Fitness Test*

Level	Balikan															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	20,1	20,4	20,7	21,1	21,4	21,8	22,1	22,5								
3	23,0	23,6	23,9	24,3	24,6	25,0	25,3	25,7								
4	26,2	26,8	27,2	27,6	27,9	28,3	28,9	29,5	29,7							
5	29,9	30,2	30,6	31,0	31,4	31,8	32,1	32,5	32,9							
6	33,2	33,6	33,9	34,3	34,6	35,0	35,3	35,7	36,0	36,4						
7	36,7	37,1	37,4	37,8	38,1	38,5	38,8	39,2	39,5	39,9						
8	40,2	40,5	40,8	41,1	41,4	41,8	42,1	42,4	42,7	43,0	43,3					
9	43,6	43,9	44,2	44,5	44,8	45,2	45,5	45,9	46,2	46,5	46,8					
10	47,1	47,4	47,7	48,0	48,35	48,7	49,0	49,3	49,6	49,9	50,2					
11	50,4	50,6	50,8	51,4	51,6	51,9	52,2	52,5	52,9	53,3	53,7	53,9				
12	54,1	54,3	54,5	54,8	55,1	55,4	55,7	56,0	56,2	56,5	57,1	57,3				
13	57,5	57,6	57,9	58,2	58,4	58,7	59,0	59,3	59,6	60,2	60,6	60,8				
14	61,0	61,1	61,3	61,6	61,9	62,2	62,4	62,7	63,0	63,3	63,6	64,0	64,2			
15	64,4	64,6	64,8	65,1	65,4	65,6	65,9	66,2	66,4	66,7	67,0	67,4	67,6			
16	67,8	68,0	68,2	68,5	68,8	69,0	69,2	69,5	69,8	70,0	70,2	70,5	70,7	70,9		
17	71,1	71,4	71,6	71,9	72,1	72,4	72,6	72,9	73,1	73,4	73,6	73,9	74,1	74,3		
18	74,5	74,8	75,0	75,2	75,5	75,8	76,2	76,2	76,4	76,7	77,0	77,2	77,4	77,7	77,9	
19	78,1	78,3	78,5	78,8	79,0	79,2	79,4	79,7	80,0	80,2	80,4	80,6	80,8	81,0	81,3	
20	81,5	81,8	82,0	82,2	82,4	82,6	82,8	83,0	83,2	83,5	83,7	83,8	84,0	84,3	84,6	84,8
21	85,0	85,2	85,4	85,6	85,8	86,1	86,3	86,5	86,7	86,9	87,1	87,4	87,6	87,8	88,0	88,2

Gambar 7. Tabel prediksi VO₂Max dari percobaan *Multistage Fitness Test*

(*Bleep Test*)²⁷

2.3 Latihan fisik

2.3.1 Definisi latihan fisik

Latihan fisik adalah suatu proses kegiatan fisik yang dilakukan secara sistematis, dilakukan dalam periode yang panjang, berulang, dan memiliki tujuan untuk memperbaiki kebugaran fisik.²⁸ Latihan fisik melibatkan aktivitas fisik. Aktivitas fisik sendiri adalah setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang memerlukan pengeluaran energi, terdapat 3 macam aktivitas fisik yang terkait dengan kesehatan tubuh yaitu ketahanan (*endurance*), kelenturan (*flexibility*), kekuatan (*strength*).²⁹

Latihan fisik yang teratur akan menyebabkan daya tahan dan kekuatan otot pernapasan meningkat sehingga kemampuan mengembang paru akan bertambah, peningkatan efisiensi pernapasan baik dari proses ventilasi, difusi, dan perfusi. Hal ini mengakibatkan peningkatan volume udara.²⁹

2.3.2 Pengaruh latihan fisik terhadap sistem respirasi

Latihan fisik yang dilakukan secara terstruktur dapat menyebabkan perubahan fisiologis pada tubuh manusia. Tanggapan fisiologis yang diberikan oleh tubuh terhadap lingkungan dibagi menjadi respon jangka pendek dan jangka panjang. Respon jangka pendek didapat ketika menerima serangan tunggal setelah sesekali melakukan latihan fisik atau disebut latihan akut. Respon jangka panjang muncul setelah melakukan olahraga teratur yang mempermudah pada latihan fisik selanjutnya serta meningkatkan kinerja, hal ini disebut latihan kronik.³

Respon yang muncul selama latihan fisik ini berguna untuk memenuhi kebutuhan energi. Saat latihan fisik, kebutuhan energi mengalami kenaikan pesat,

maka tubuh perlu melakukan penyesuaian, baik dari sistem kardiovaskular, respirasi, neuromuskuler, metabolik, maupun hormonal.³

Saat melakukan latihan fisik, tubuh membutuhkan O₂ lebih banyak, hal ini terjadi karena jumlah O₂ dan CO₂ yang berdifusi ke paru meningkat. Kelebihan CO₂ dalam darah menyebabkan kekuatan sinyal motorik inspirasi dan ekspirasi ke otot-otot pernapasan meningkat.⁴ Hal ini menyebabkan adaptasi pada sistem respirasi sebagai berikut :

1) Peningkatan volume oksigen maksimal

Hal ini terjadi karena adanya peningkatan volume tidal (TV) dan frekuensi bernapas.⁴

2) Peningkatan berbagai macam volume paru

Hal ini terjadi karena latihan fisik yang terstruktur menyebabkan peningkatan fungsi pulmoner yang diikuti dengan peningkatan volume paru.⁴

3) Peningkatan kapasitas difusi

Dengan peningkatan volume paru akibat latihan fisik yang terstruktur, menyebabkan bidang permukaan kapiler alveolar menjadi lebih besar pula. Hal tersebut dapat menyebabkan peningkatan proses difusi ketika bernapas.⁴

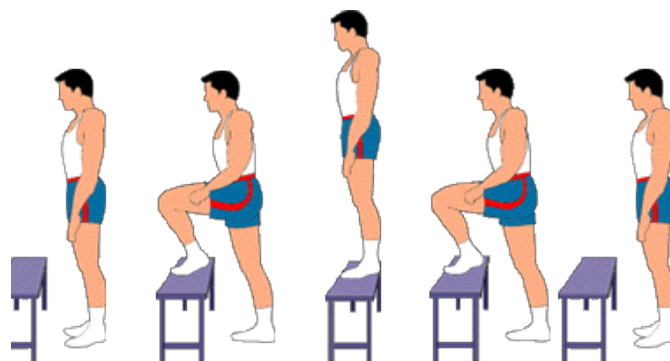
2.4 Naik turun bangku Harvard sebagai latihan fisik

2.4.1 Definisi naik turun bangku Harvard

Naik turun bangku Harvard adalah metode latihan untuk melatih kekuatan otot kaki,³⁰ metode ini mudah dan banyak digunakan untuk mengevaluasi fungsi

kardiopulmoner.³¹ Latihan naik turun bangku Harvard merupakan salah satu bentuk dari latihan interval atau latihan kontinu.⁶ Naik turun bangku Harvard merupakan *step test* yang paling familiar digunakan untuk menghitung indeks kebugaran jasmani berdasarkan daya tahan kardiovaskular seseorang. Tes ini bertujuan untuk mengukur kapasitas aerobik untuk kerja otot dan kemampuannya pulih dari kerja.³¹

Alat yang dipergunakan pada latihan naik turun bangku Harvard adalah bangku, *stopwatch*, dan metronom. Secara ringkas, latihan naik turun bangku Harvard dilakukan dengan naik turun bangku setinggi 40 cm selama maksimal 5 menit atau sampai kelelahan dengan frekuensi melangkah mengikuti irama metronom dengan ketukan 120 kali per menit.^{15,31} Satu siklus terdapat empat hitungan langkah, yaitu naik, naik, turun, turun (*up, up, down, down*).³¹



Gambar 8. Naik turun bangku Harvard³²

2.4.2 Pengaruh latihan naik turun bangku Harvard pada sistem kardiorespirasi

Latihan naik turun bangku Harvard dengan benar dan rutin memberikan efek positif yaitu dapat meningkatkan kebugaran jasmani. Hal ini disebabkan

karena pada latihan ini terdapat gerakan kaki dan tangan yang seirama dengan menggunakan tenaga yang cukup banyak. Selain tenaga, latihan ini juga membutuhkan oksigen dalam pelaksanaannya sehingga terjadi peningkatan fungsi sistem kardiorespirasi.³³

Peningkatan fungsi sistem kardiovaskuler dapat dinilai dari HRV (*Heart Rate Variability*) yakni perubahan denyut jantung sebagai respon fisiologis yang diinduksi oleh latihan naik turun bangku Harvard selama latihan dan waktu istirahat.¹⁵ Adaptasi fisiologis yang terjadi dengan latihan naik turun bangku Harvard adalah adanya hipertrofi otot jantung (ventrikel bertambah luas), meningkatnya volume sekuncup dan curah jantung, frekuensi detak jantung saat istirahat menurun, dan tekanan darah pada penderita hipertensi menurun.⁶

Peningkatan fungsi sistem kardiovaskuler akan diikuti dengan peningkatan konsumsi oksigen.⁶ Nilai VO₂Max mencerminkan proses respirasi di tingkat seluler pada makhluk hidup. Proses tingkat sel tersebut biasanya digerakkan sistem pernapasan dan sistem kardiovaskuler.¹⁵ Adaptasi fisiologi sistem respirasi pada latihan ini adalah terjadi peningkatan ventilasi semenit, efisiensi ventilasi, dan kapasitas difusi.⁶

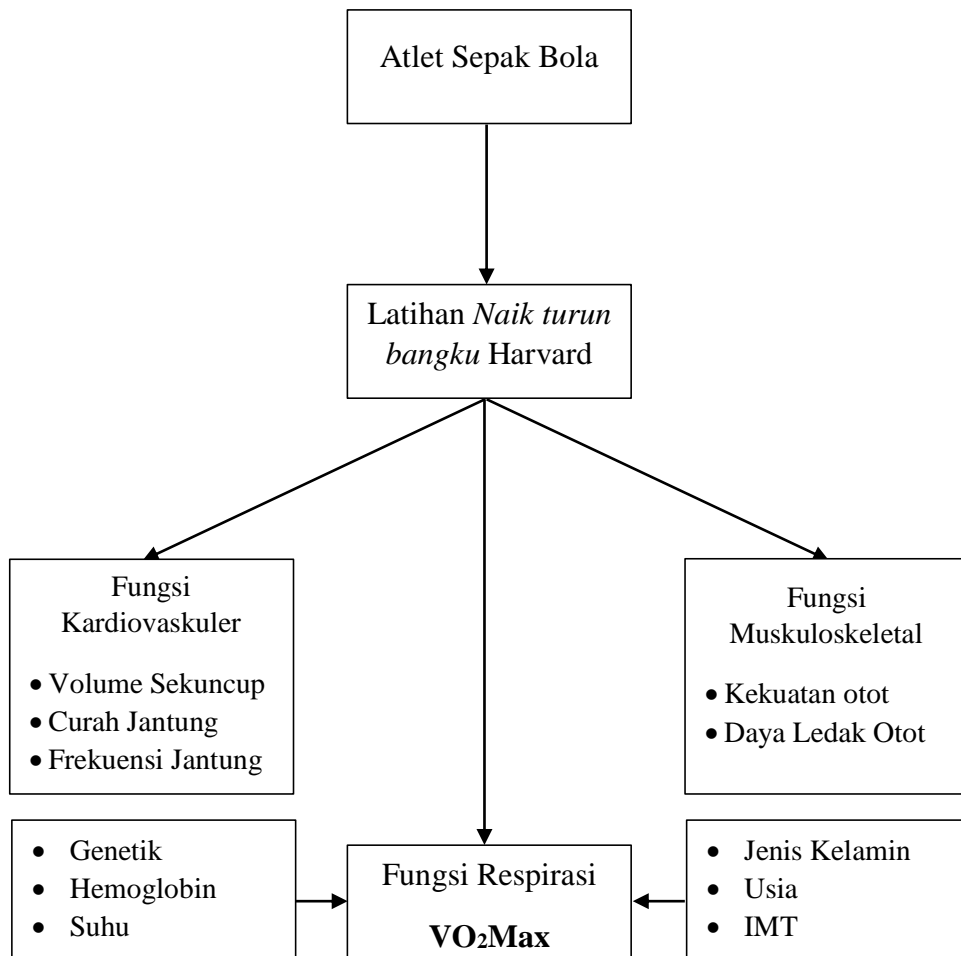
Salah satu efek langsung yang dapat dirasakan dari meningkatnya kebugaran jasmani seseorang adalah setelah melakukan kegiatan tidak merasakan kelelahan yang berarti dan masih memiliki cadangan tenaga untuk melakukan kegiatan yang lain.³³

2.4.3 Pengaruh latihan naik turun bangku Harvard pada sistem neuromuskuloskeletal

Latihan naik turun bangku Harvard merupakan bentuk metode latihan untuk meningkatkan kondisi fisik dengan sasaran utama adalah kekuatan tungkai. Latihan naik turun bangku Harvard pada sistem muskuloskeletal bertujuan untuk meningkatkan kekuatan otot tungkai dan daya ledak otot tungkai.³⁴ Latihan naik turun bangku Harvard merupakan salah satu dari latihan *plyometric*, yakni suatu metode latihan yang menitikberatkan pada gerakan-gerakan dengan kecepatan tinggi.³⁰

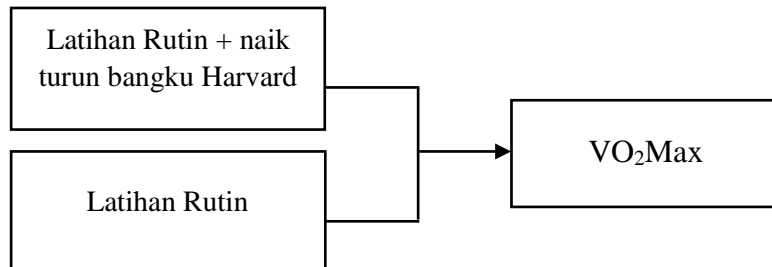
Latihan naik turun bangku Harvard merupakan latihan dengan peregangan dan mempersingkat terjadinya kontraksi otot, tenaga elastis ini kemudian dipakai ulang untuk mempersingkat aktivitas otot yang menjadi lebih kuat.³⁰ Adaptasi fisiologis sistem neuromuskuloskeletal terhadap latihan naik turun bangku Harvard adalah terjadi peningkatan jumlah *nucleo-protein*, *acetylcholinesterase*, dan aktivitas *glucosa-6-phospate*.⁶

2.5 Kerangka teori



Gambar 9. Kerangka teori

2.6 Kerangka konsep



Gambar 10. Kerangka konsep

2.7 Hipotesis

2.7.1 Hipotesis mayor

Aktivitas latihan naik turun bangku Harvard rutin mempengaruhi nilai VO₂Max pada atlet sepak bola.

2.7.1 Hipotesis minor

- 1) Terdapat perbedaan nilai VO₂Max sepak bola sebelum dan sesudah diberikan latihan naik turun bangku Harvard.
- 2) Terdapat perbedaan nilai VO₂Max yang lebih tinggi pada atlet sepak bola setelah diberikan latihan naik turun bangku Harvard dibanding atlet yang tidak diberikan latihan.