

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

##### 2.1.1 Definisi COVID-19

COVID-19 adalah salah satu penyakit yang menyerang sistem pernapasan. Penyebab pasien dapat terinfeksi COVID-19 adalah karena pasien tersebut terinfeksi oleh virus SARS-CoV-2 yang materi genetiknya terdiri dari *Ribonucleic Acid* (RNA) (Esakandari et al., 2020b). Virus SARS-CoV-2 umumnya menyerang hewan seperti kelelawar, tikus bambu, unta, dan musang. Pada manusia, penularan terjadi ketika terkena droplet seseorang yang terserang virus SARS-Cov-2 saat sedang batuk atau bersin. Pada individu yang terinfeksi COVID-19 akan muncul gejala ringan maupun gejala berat bagi sistem organ suatu individu terutama sistem respirasi (Li et al., 2020) .

Gejala ringan dari COVID-19 terdiri dari banyak karakteristik, yaitu seperti munculnya demam, kelelahan, sesak napas, batuk kering dan kadang batuk berdahak, nyeri-nyeri otot, sakit kepala, dan kehilangan kemampuan mencium bau (anosmia) serta kehilangan kemampuan untuk merasakan suatu rasa pada indra pengecapan (ageusia). Pada kasus yang sudah berat, dapat menyebabkan pneumonia yang kemudian berlanjut menjadi ARDS (*Acute Respiratory Syndrome*) dimana paru akan mengalami kerusakan yang parah dan mengalami peradangan sehingga menyebabkan cairan menumpuk di dalam paru dan membuat semakin sulit untuk bernapas (Rauf et al., 2020).

##### 2.1.2 Epidemiologi COVID-19

Kasus positif COVID-19 muncul pertama kali di Wuhan, China, pada akhir tahun 2019. Pada 11 Maret 2020, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mengumumkan COVID-19 sebagai pandemi global yang mendesak. Hingga tanggal 9 Mei 2023, telah terkonfirmasi 765.222.932 kasus positif di 225 negara. Amerika Serikat menempati posisi teratas dengan jumlah kasus positif COVID-19 tertinggi di dunia, mencapai 103.266.404 (WHO, n.d.-b). Negara lain yang menjadi negara dengan kasus positif terkonfirmasi paling banyak adalah China dan India (Rauf et al., 2020; WHO, n.d.-b) .

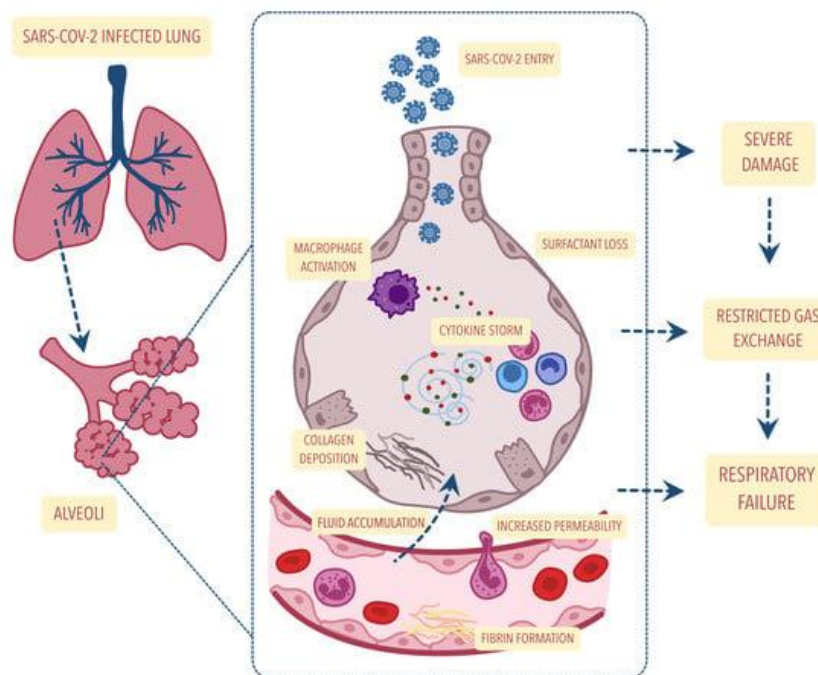
Berdasarkan data dari New York City, studi antibodi negara bagian New York, dan analisis *excess deaths* oleh CDC, tingkat mortalitas COVID-19 secara keseluruhan adalah sekitar 1% dan dapat mencapai hingga 1.000 pasien meninggal per 100.000 populasi, terutama pada populasi di bawah 65 tahun. Tingkat kematian yang melonjak secara global akibat pandemi COVID-19 mencapai 120,3 kematian per 100.000 populasi di semua kelompok usia. Sebanyak 21 negara mengalami angka kematian berlebih yang melebihi 300 kematian per 100.000 populasi. Asia Tenggara, Eropa, dan Amerika Utara mencatat tingkat kematian tertinggi akibat COVID-19. Kasus COVID-19 di Indonesia pertama kali dilaporkan pada 2 Maret 2020, dengan dua kasus awal yang terkonfirmasi. Hingga 25 Januari 2022, jumlah kasus yang terkonfirmasi telah mencapai 4.294.183, dengan tingkat kematian sebesar 2,6%. Angka kematian tersebut merupakan yang tertinggi di Kawasan Asia Tenggara. (Rauf et al., 2020; WHO, n.d.-b).

### **2.1.3 Patofisiologi COVID-19**

Virus SARS-CoV-2 memiliki kemampuan untuk menembus membran mukosa di daerah hidung dan laring, kemudian menyebar ke traktus. Selanjutnya, virus ini menyerang organ yang mengekspresikan Angiotensin Converting Enzyme-2 (ACE-2), yang utamanya diwujudkan

oleh sel epitel alveolar tipe I dan tipe II. Secara khusus, sel alveolar tipe II seringkali menjadi lokasi ekspresi ACE-2 yang paling dominan. Setelah virus memasuki sel antigen, proses berlanjut ke Antigen Presentation Cell (APC), yang akan memicu respons kekebalan tubuh humoral dan seluler dengan bantuan sel T dan sel B. (Kumar et al., 2020).

Pada awal infeksi, akan terjadi kerusakan pada alveolus-alveolus paru. Endotel dari alveolus paru akan mengalami kerusakan yang parah hingga terjadi mikroangiopati dan obstruksi pada kapiler pembuluh darah alveolus. Selain itu, aktivitas surfaktan paru juga mengalami penipisan dan penurunan kandungan serta struktur agregat dari surfaktan. Defisiensi dari surfaktan juga diakibatkan oleh adanya lisis dari sel pneumosit tipe II (Gupta et al., 2020a) .



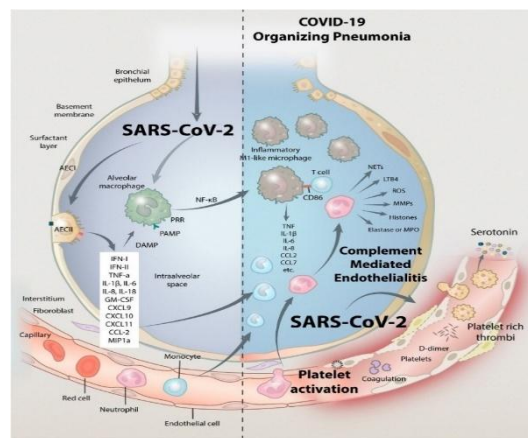
**Gambar 2.1** Patofisiologi COVID-19(Gupta et al., 2020b)

Pada pasien COVID-19 kadar mediator proinflamasi (TNF- $\alpha$ , IL 1, IL6 dan IL 8) akan meningkat dan penurunan limfosit, monosit, basophil, dan eosinophil serta sel darah putih lainnya. Pada pasien yang terkonfirmasi positif COVID-19 dengan gejala yang timbul ringan, terjadi peningkatan respons imun terutama pada sel T CD8 pada hari ke-7 hingga ke-9. Selain itu, juga teridentifikasi sel T helper folikular dan Antibody Secreting Cells (ASCs) yang memiliki peran penting dalam produksi antibodi. Dalam rentang waktu antara hari ke-7 hingga ke-20, terdapat peningkatan bertahap pada tingkat IgM/IgG. Pada individu yang positif terkonfirmasi mengidap COVID-19 dengan gejala klinis yang parah, teramati penurunan jumlah limfosit, monosit, basofil, dan eosinofil. Terjadi peningkatan mediator proinflamasi seperti TNF- $\alpha$ , IL-1, IL-6, dan IL-8. Namun, pada sel T helper, T suppressor, dan T regulator, terdapat penurunan pada kasus COVID-19 yang berat. (Azer, 2020).

Pasien yang mengalami Sindrom Distres Pernapasan Akut (ARDS) juga menunjukkan penurunan jumlah sel T CD4 dan CD8, bersamaan dengan hiperaktivasi limfosit CD4 dan CD8. ARDS merupakan salah satu indikator utama kematian pada kasus COVID-19, yang dipicu oleh peningkatan mediator proinflamasi yang tidak terkendali, sering disebut sebagai badai sitokin (cytokine storm). Keadaan ini mengakibatkan kerusakan pada paru-paru dan pembentukan jaringan fibrosis, yang pada akhirnya dapat menyebabkan disfungsi organ paru-paru. (Azer, 2020; Hernandez Acosta et al., 2022).

ARDS ditandai dengan penurunan kelenturan paru. Namun, paru pasien dengan COVID-19 cukup lentur (pada awal infeksi). Yang paling mencolok, ARDS ditandai dengan adanya cairan paru ekstra-vaskular yang tinggi (edema paru non-kardiogenik). Ini merupakan persyaratan mutlak untuk diagnosis ARDS. Indeks cairan paru ekstra-vaskular atau *Extravascular*

lung water (EVLWI) dalam rata-rata pasien *Intensive Care Unit* (ICU) dengan pneumonia yang diakibatkan oleh COVID-19. Tidak ada pasien yang memiliki EVLWI yang tinggi. Patologi pneumonia yang diakibatkan oleh COVID-19 dan ARDS sangat berbeda. Seperti yang diulas sebelumnya, penyakit paru COVID-19 ditandai dengan infiltrasi besar makrofag dengan sedikit neutrofil. Sebaliknya, ARDS adalah penyakit yang dimediasi oleh neutrofil. Neutropenia akan mengurangi keparahan ARDS, sementara dalam model eksperimental, deplesi makrofag mengurangi keparahan penyakit paru akibat COVID-19. Selain itu, mikrovaskulitis endotelial yang dimediasi oleh komplemen yang ditemukan di paru dan jaringan ekstra-paru adalah fitur unik dari pneumonia COVID-19. Meskipun kerusakan alveolar difus atau *diffuse alveolar damage* (DAD) dilaporkan terjadi pada pneumonia COVID-19 dan ARDS, DAD merupakan temuan non-spesifik dari cedera paru akut yang lanjut (Gupta et al., 2020b).



**Gambar 2.2** Patofisiologi Pneumonia COVID-19(Gupta et al., 2020b)

#### 2.1.4 Manifestasi Klinis COVID-9

COVID-19 dapat muncul dengan berbagai gejala, baik dari gejala yang paling ringan hingga gejala yang paling berat hingga menyebabkan

kematian. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di China, ditemukan bahwa sebanyak 81% pasien dengan infeksi COVID-19 tidak menunjukkan gejala atau hanya mengalami pneumonia ringan. Sementara itu, 14% kasus mengalami gejala berat, termasuk kesulitan napas hingga hipoksia (kekurangan oksigen). Ada juga 5% kasus yang mengalami penyakit kritis, seperti kegagalan pernapasan, syok, dan disfungsi multiorgan (Gupta et al., 2020a).

Gejala-gejala yang ringan dan yang paling umum muncul adalah seperti batuk, pilek, demam, rasa kelelahan berkepanjangan, sakit tenggorokan dan kepala, serta gejala yang paling sering yaitu kehilangan kemampuan penciuman (anosmia) dan kehilangan kemampuan perasa atau pengecap (ageusia). Gejala sedang COVID-19 adalah gejala ringan yang ditambah dengan kemunculan gejala klinis pernapasan, seperti penurunan saturasi oksigen ( $SpO_2$ ) hingga mencapai 94% (Hernandez Acosta et al., 2022).

Bila COVID-19 sudah mencapai tahap lanjut maka kemungkinan besar terjadi ARDS yang menunjukkan gejala klinis berupa Rasio tekanan parsial oksigen arteri terhadap fraksi oksigen terinspirasi ( $PaO_2/FiO_2$ ) kurang dari 300 yang disertai dengan frekuensi pernapasan lebih dari 30 kali per menit (takipnea). Hal tersebut dapat merusak paru karena dapat terbentuknya jaringan fibrosis pada paru yang kemudian diikuti dengan disfungsi sistem organ. Terdapat beberapa faktor-faktor yang meningkatkan tingkat kematian pada COVID-19 yaitu usia, jenis kelamin, indeks masa tubuh (IMT), komorbiditas (Asma, Hipertensi, Diabetes Mellitus, dan Penyakit Paru Obstruktif Kronik) (Krygier et al., 2022).

### **2.1.5 Diagnosis COVID-19**

Pengujian *real-time polymerase chain reaction* (RT-PCR) digunakan untuk menegakkan diagnosis COVID-19. PCR (Polymerase Chain Reaction) merupakan teknik laboratorium yang digunakan untuk mendeteksi materi-materi genetik yang tersedia pada organisme tertentu, seperti virus. Tes PCR untuk COVID-19 adalah tes molekuler yang menganalisis spesimen pernapasan bagian atas, mencari materi genetik (asam ribonukleat atau RNA) dari SARS-CoV-2, virus penyebab COVID-19. Teknologi PCR digunakan untuk memperkuat sejumlah kecil RNA dari spesimen menjadi asam deoksiribonukleat (DNA), yang direplikasi hingga SARS-CoV-2 terdeteksi jika ada. Tes PCR dianggap sebagai "standar emas" untuk tes COVID-19 karena akurat dan dapat diandalkan (Maia et al., 2022a).



**Gambar 2.3** Alat *Real Time – Polymerase Chain Reaction* ( *RT-PCR*)(Maia et al., 2022b)

Terdapat pemeriksaan lain juga yang dapat membantu dalam diagnosis COVID-19. Pemeriksaan hematologi pada pasien COVID-19 menunjukkan variasi dalam hasil leukosit, seperti leukopenia (jumlah leukosit rendah),

leukositosis (jumlah leukosit tinggi), atau limfopenia (jumlah limfosit rendah), dengan kecenderungan lebih banyak mengalami limfopenia. Peningkatan kadar *lactate dehydrogenase* (LDH) dan feritin serum juga dapat terdeteksi (Maia et al., 2022a; Zalzal, 2020).

Ketika dimulai pengobatan, banyak pasien pneumonia COVID-19 menunjukkan kadar prokalsitonin serum yang dalam batas normal. Pemeriksaan lain yang dapat memperkuat diagnosis COVID-19 melibatkan CT-scan toraks, yang memperlihatkan pola opasifikasi ground-glass dengan atau tanpa konsolidasi abnormal di paru-paru. Hasil CT-scan umumnya menunjukkan adanya anomali bilateral yang tersebar di area perifer paru-paru, terutama di lobus bawah. Tambahan pula, dapat terdeteksi penebalan pleura, efusi pleura, dan limfadenopati (Zalzal, 2020).

Suatu penelitian yang dilakukan di Wuhan membandingkan ketepatan CT-scan toraks dengan RT-PCR, dan temuan tersebut mengindikasikan bahwa CT-scan menunjukkan tingkat sensitivitas hingga 97%. Namun spesifisitasnya hanya 25%. Hal ini disebabkan oleh adanya gambaran CT-scan toraks yang mirip dengan penyakit lain yang menyerupai COVID-19, sehingga spesifisitas pemeriksaan ini menjadi rendah (Azer, 2020).

#### **2.1.6 Tatalaksana COVID-19**

Sampai sekarang, belum ada penemuan yang pasti mengenai penanganan khusus untuk pasien COVID-19. Penanganan yang bisa dilakukan saat ini adalah memberikan terapi yang sesuai dengan gejala yang timbul dan pemberian oksigen. Meskipun demikian, beberapa penelitian telah mengungkapkan bahwa beberapa jenis obat telah dinilai efektif dalam penggunaannya sebagai penanganan COVID-19. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, ditunjukkan bahwa lovinapir dan

ritonavir memiliki kemampuan untuk menghambat replikasi dari virus COVID-19 (Rauf et al., 2020).

Antipiretik seperti acetaminophen berperan untuk meringankan gejala demam. Kortikosteroid seperti dexamethasone dapat mengurangi peradangan dan meningkatkan oksigenisasi pada pasien dengan gejala yang parah dan kronis. Antikoagulan seperti heparin berfungsi untuk mencegah pembekuan darah. Antivirus yang sering digunakan untuk tatalaksana dari COVID-19 adalah Remdesivir yang dapat menghambat infeksi virus (Azer, 2020).

COVID-19 secara tidak langsung dapat menyebabkan kerusakan pada paru. Pada saat terinfeksi COVID-19 akan terjadi pneumonia pada paru dimana alveolus pada paru akan terisi dengan cairan yang kemudian membatasi kemampuan untuk mengambil oksigen. Pada saat alveolus terisi cairan, maka waktu untuk penyembuhan dan mengembalikan kondisi paru sama seperti sebelum terinfeksi COVID-19 akan membutuhkan waktu yang cukup lama pemulihannya, meskipun pasien tersebut sudah dinyatakan sembuh dari COVID-19 (Kumar et al., 2020).

### **2.1.7 Hubungan COVID-19 dengan Tingkat VO<sub>2</sub>Max**

Seperti yang sudah dibahas sebelumnya, berdasarkan patofisiologi dari COVID-19 yang menyerang sistem pernapasan terutama paru, dimana virus tersebut akan mempengaruhi kapasitas paru untuk mengambil oksigen yang tentu saja memiliki kaitan dengan kadar VO<sub>2</sub>Max. Pada sebuah studi yang dilakukan oleh Spedding dkk, ditemukan bahwa lebih dari tiga bulan setelah infeksi awal COVID-19, konsumsi oksigen maksimal rata-rata (VO<sub>2</sub>Max) menurun sebesar 4,9 milimeter per kilogram per menit. Berdasarkan penelitian yang mereka lakukan, VO<sub>2</sub>Max awal memiliki

peran kritis dalam sensitivitas COVID-19, karena keparahan penyakit yang terkait langsung dengan penggunaan oksigen (Spedding et al., 2022) . Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Ahmed, COVID-19 sangat berpotensi untuk mempengaruhi VO2Max, karena sifatnya yang akan mengurangi kapasitas paru dan konsumsi oksigen. Namun, hal tersebut dapat terjadi dengan dipengaruhi beberapa faktor yang berhubungan dengan VO2Max, contohnya seperti usia, jenis kelamin, intensitas latihan, penyakit komorbid, dan faktor-faktor lainnya yang memiliki pengaruh langsung . Intesnsitas latihan dan aktivitas fisik seperti latihan program yang lebih terstruktur dapat membantu menjaga tingkat aktivitas fisik dan mencegah penurunan kondisi fisik pada pasien COVID-19 yang juga berdampak pada VO2Max, sehingga diperlukan penelitan lebih lanjut mengenai hubungan antara COVID-19 dan VO2Max (Ahmed, 2020a).

#### **2.1.8 Definisi VO2Max**

Volume oksigen maksimal (VO2Max) mencerminkan kapasitas puncak tubuh seseorang dalam mengambil, mendistribusikan, dan menggunakan oksigen selama latihan kardiorespiratori. VO2Max dinyatakan dalam satuan milliliter (ml) dari konsumsi oksigen per kilogram (kg) berat badan per menit (menit) ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).Kemampuan daya tahan kardiorespirasi dapat digambarkan dengan besarnya VO2Max. Sistem kardiorespirasi merupakan sistem yang berkaitan dengan aktivitas jantung dan paru serta sistem peredaran darah , dimana proses yang paling penting adalah proses penyampaian oksigen ke jaringan-jaringan terutama jaringan otot. Oleh karena itu, sistem kardiorespirasi memiliki keterkaitan dengan kemampuan kebugaran jasmani seseorang, karena untuk menilai tingkat kebugaran dan kebugaran jasmani adalah dengan mengukur VO2Max (Menz et al., 2019b). Saat nilai VO2Max seseorang berada pada tingkatan

yang lebih tinggi, maka individu dapat melakukan aktivitas lebih kuat dan lebih lama dibandingkan dengan individu yang memiliki tingkatan VO2Max yang lebih rendah (Spedding et al., 2022).

VO2Max berhubungan dengan mekanisme sistem pernapasan, karena sistem pernapasan yang baik akan menghasilkan tingkat VO2Max yang lebih tinggi. Selain itu, VO2Max memiliki korelasi positif dengan kapasitas vital paru atau jumlah udara maksimum yang dihirup dan dikeluarkan dari paru. VO2Max memiliki korelasi negatif dengan kemampuan apnea atau kondisi ketika seseorang tidak dapat bernapas dengan baik dan normal (Ahmed, 2020a).

#### **2.1.9 Faktor yang Mempengaruhi VO2Max**

Jika tingkat VO2Max seseorang dinyatakan masuk ke dalam kategori yang tinggi, maka jantung, paru, dan pembuluh darah berfungsi dengan baik dan normal sehingga oksigen yang dihisap dan masuk ke paru akan sampai ke darah dan di distribusikan. Selain itu, terdapat beberapa faktor yang juga mempengaruhi tingkat VO2Max (Menz et al., 2019b). Faktor yang mempengaruhi tingkat VO2Max dibagi menjadi dua yaitu faktor yang dapat dikendalikan dan faktor yang tidak dapat dikendalikan. Contoh faktor yang dapat dikendalikan adalah :

a. Jenis Latihan dan Aktivitas Fisik

Latihan fisik yang bisa meningkatkan performa jantung dan VO2Max melibatkan aktivitas-aktivitas aerobik. Contoh latihan semacam itu termasuk rangkaian latihan sirkuit, sesi latihan yang berkelanjutan, dan juga latihan dengan interval intensitas. Untuk meningkatkan vo2 maksimum, penting untuk menjalani latihan fisik yang memberikan beban yang signifikan pada sistem kardiorespirasi (Christensen et al., 2021).

b. Fungsi paru

Ketika terlibat dalam aktivitas fisik, otot yang sedang bekerja membutuhkan oksigen (O<sub>2</sub>) dalam jumlah yang lebih besar. Pasokan oksigen ini diperoleh melalui ventilasi dan pertukaran O<sub>2</sub> di dalam paru-paru. Ventilasi merujuk pada langkah mekanis untuk mengatur masuk dan keluarnya udara dari paru-paru. Proses ini selanjutnya melibatkan pertukaran O<sub>2</sub> di alveoli paru-paru melalui proses difusi. Oksigen yang telah difusikan masuk ke dalam kapiler paru-paru, kemudian diangkut melalui sistem peredaran darah ke seluruh tubuh. (Christensen et al., 2021).

Agar kebutuhan oksigen yang memadai dapat terpenuhi, optimalnya fungsi paru-paru, termasuk kapiler dan pembuluh pulmonal, menjadi hal yang krusial. Pada atlet yang telah terlatih dengan baik, konsumsi oksigen dan ventilasi paru-paru secara keseluruhan dapat meningkat hingga sekitar 20 kali saat menjalani latihan dengan intensitas maksimal. (Ahmed, 2020a).

Selain factor-faktor yang dapat dirubah dan disesuaikan, terdapat beberapa factor yang tidak dapat dirubah , yaitu :

a. Umur

Faktor usia memainkan peran penting dalam menentukan VO<sub>2</sub>Max seseorang. Kemampuan kardiorespiratori pada pria mencapai titik puncaknya pada rentang usia 18-25 tahun, seiring dengan mencapai puncak massa otot. Jika usia melewati rentang ini (Jalil, 2020), maka nilai VO<sub>2</sub>Max akan menurun baik pada pria maupun wanita . Secara rata-rata, setiap tahun terjadi penurunan VO<sub>2</sub>Max sebesar 0,46 ml/kg/menit pada laki-laki (1,2%) dan 0,54 ml/kg/menit pada perempuan (1,7%). Penurunan ini terjadi karena adanya seiring bertambahnya usia, maka akan menurun juga kemampuan sistem jantung dan pembuluh darah serta pernapasan (Menz et al., 2019b).

b. Jenis Kelamin

Struktur tubuh seseorang dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin. Wanita umumnya memiliki jumlah lemak tubuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan laki-laki yang cenderung memiliki proporsi otot yang lebih besar. Pada pria, banyak jaringan tubuh yang aktif dalam melakukan metabolisme karena komposisi tubuhnya lebih didominasi oleh otot. (Spedding et al., 2022). Perbedaan ini terjadi karena sejumlah faktor seperti perbedaan dalam kekuatan otot maksimal, luas permukaan tubuh, komposisi tubuh, kekuatan otot, hormon, dan tingkat lemak tubuh yang umumnya lebih tinggi pada wanita. Pada usia 16 tahun, nilai VO<sub>2</sub>Max pada anak laki-laki diperkirakan akan lebih tinggi sekitar 37% dibandingkan dengan anak perempuan. (Jalil, 2020).

c. Keadaan fisiologis tubuh

Keadaan fisiologis tubuh yang berhubungan dengan tingkat VO<sub>2</sub>Max terdiri dari berbagai sistem, seperti sistem jantung, peredaran darah, dan pernapasan yang berperan dalam kerja dan peredaran darah dalam menyediakan dan memanfaatkan oksigen. Agar kebutuhan oksigen tubuh terpenuhi, diperlukan permukaan paru yang cukup luas agar proses difusi yang lebih efisien. Penambahan curah jantung atau *cardiac output* (CO) juga berpengaruh pada tingkat VO<sub>2</sub>Max (Gönülateş, 2018a). Peningkatan ini terjadi karena peningkatan volume darah yang dipompa oleh jantung serta peningkatan detak jantung, yang dapat mencapai sekitar 95% dari tingkat maksimalnya. Paru perlu menerima pasokan oksigen segar untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh. Fungsi ini memungkinkan paru mengambil oksigen dari udara dan mendistribusikannya ke seluruh jaringan melalui sel darah dalam tubuh. Setelah itu, paru mengumpulkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari seluruh sel tubuh dan mengeluarkannya dari tubuh. Hemoglobin (Hb) dalam sel darah merah berperan penting dalam membawa oksigen. Oleh karena itu, jika kadar hemoglobin rendah, maka jumlah oksigen yang dapat diangkut oleh sel darah merah juga akan

berkurang. Tubuh tidak bisa menggunakan oksigen melebihi kecepatan di mana sistem peredaran darah mengantarkan oksigen ke jaringan-jaringan. Dengan demikian, bisa dikatakan bahwa kapasitas sistem peredaran darah dapat membatasi nilai VO<sub>2</sub>Max (Jalil, 2020).

#### **2.1.10 Pengukuran VO<sub>2</sub>Max**

VO<sub>2</sub>Max digunakan untuk mengukur tingkat keberlanjutan jantung dan paru, dan satu cara yang dianggap paling tepat untuk memperkirakan VO<sub>2</sub>Max adalah melalui intensitas latihan maksimal. Untuk mengukur VO<sub>2</sub>Max, diperlukan analisis pernapasan saat menghembuskan napas, dengan mengumpulkan udara selama latihan dalam intensitas yang meningkat secara bertahap (Ahmed, 2020b).

##### *a. Multistage Fitness Test (MFT)*

Uji Kebugaran Multistage (MFT), yang dikenal juga sebagai uji shuttle run, uji aero, dan uji bleep, membutuhkan peralatan seperti permukaan yang datar dan tidak licin, cone, pemutar CD, CD Bleep Test, dan formulir penilaian. Penemuan Uji Bleep oleh Leger dan Lambert terjadi pada tahun 1982. Fokus utamanya adalah memonitor perkembangan dalam penyerapan oksigen maksimum atau VO<sub>2</sub>Max pada atlet.(Lockie et al., 2021).

Dalam pelaksanaannya, peserta atau atlet diminta untuk terus berlari di antara dua pembatas Cone dengan jarak 20 meter. Mereka berdiri di belakang pembatas Cone dan memulai lari setelah mendengar suara bip dari pemutar CD. Kecepatan awal dilakukan dengan perlahan dan rileks. Setelah mencapai pembatas Cone kedua, peserta menunggu suara bip sebelum berlari kembali menuju pembatas Cone pertama. Jika peserta mencapai pembatas Cone sebelum suara bip terdengar, mereka harus menunggu sampai suara bip terdengar sebelum melanjutkan lari. Seiring

berjalannya waktu, interval suara bip menjadi semakin singkat, mendorong peserta untuk meningkatkan kecepatan setiap kali mendengar bip.. (Menz et al., 2019a) .

*b. Ergocycle Test*

Metode ini melibatkan penggunaan sepeda diam yang dikayuh untuk mencapai intensitas kerja yang diinginkan. Intensitas kerja ini dapat diberikan secara terus-menerus atau dengan jeda. Pengujian dilakukan di dalam laboratorium menggunakan protokol Astrand dengan sepeda ergometer. Pengujian ini berdasarkan pada peningkatan detak jantung (nadi) saat bekerja dengan peningkatan intensitas beban. Semakin kecil peningkatan detak jantung yang terjadi, semakin baik kapasitas jantung dan paru individu tersebut. Akibatnya, nilai VO<sub>2</sub>Max juga akan meningkat (Ahmed, 2020b).

*c. Treadmill*

Dalam pelaksanaan *Treadmill test*, banyak kelebihan penggunaan treadmill yang membedakan ia dengan tes-tes lainnya, yaitu mencakup pemberian beban kerja yang tetap, kemampuan untuk mengatur tingkat beban kerja sesuai dengan preferensi, dan kemudahan pelaksanaannya karena rata-rata orang familiar dengan aktivitas yang dibutuhkan (berjalan dan berlari). Namun, meskipun begitu, karena alat ini memiliki biaya dan berat yang tinggi, uji ini tidaklah layak untuk dilakukan di lingkungan kerja. Contoh dari uji treadmill seperti Metode Mitchell, Sproule, Chapman, dan Saltin-Astrand (Ahmed, 2020b).

*d. Field Test*

Tes ini merupakan tes yang paling mudah karena tidak membutuhkan alat khusus. Field test terdiri dari beberapa variasi, yaitu *1,5 mile run*, *2,4 km run test*, dan *12 minute run*. Dalam dunia kedokteran olahraga, lari selama 12 menit disebut juga sebagai "*Cooper Test*" (Alvero-Cruz et al., 2019a)

### 2.1.11 Hubungan VO2Max dengan Tes Kesegaran Jasmani “A” Lari 12 Menit (Cooper Test)

VO2Max merupakan tingkat puncak kemampuan paru-paru untuk menyerap oksigen. Selain itu, VO2Max juga berfungsi sebagai penunjuk tingkat kebugaran individu.. VO2Max adalah angka paling tinggi yang mencerminkan jumlah oksigen yang dapat dikonsumsi oleh seseorang selama latihan (H. Wang et al., 2022b). Angka ini juga mencerminkan tingkat kebugaran kardiorespirasi dan hematologis, termasuk pengiriman oksigen dan mekanisme oksidasi otot. Individu yang memiliki tingkat kebugaran kardiorespirasi yang baik akan membuat Tingkat VO2Max yang lebih tinggi dan mampu melakukan aktivitas yang lebih intens dibandingkan dengan mereka yang tidak memiliki Tingkat kebugaran kardiorespirasi yang kurang baik (Vonbank et al., 2021).

Tes Cooper adalah upaya maksimal lari 12 menit yang dirancang oleh Kenneth Cooper MD. Tes Cooper digunakan untuk menguji kebugaran kardiorespirasi dan mendapatkan perkiraan VO2Max. Tes ini memiliki korelasi yang tinggi dengan pengujian laboratorium VO2Max, menjadikannya tes mandiri paling akurat untuk VO2Max. Tes Cooper cocok untuk atlet ketahanan dan pemain olahraga ketahanan. Tes dapat dilakukan di atas *treadmill* atau permukaan datar atau trek di stadion dengan jarak yang diukur secara tepat. VO2Max dengan *Cooper Test* dapat dihitung menggunakan rumus:  $(\text{Jarak yang ditempuh dalam meter} - 504,9) \div 44,73 = \text{VO2Max}$  (Alvero-Cruz et al., 2019b).

Uji Cooper adalah metode yang sederhana namun dapat diandalkan untuk memonitor perkembangan daya tahan aerobik dan menilai dampak pelatihan terhadap perkembangan fisik.. Tes dapat dipengaruhi oleh tingkat motivasi dan seberapa ketat tes dilakukan. Tes VO2Max submaksimal lainnya yang dapat memberikan gambaran kasar tentang

kapasitas aerobik. Ada keterkaitan yang erat antara tingkat kebugaran fisik dengan VO2Max, karena VO2Max mencerminkan kecepatan maksimal di mana seseorang dapat menggunakan oksigen selama melakukan aktivitas olahraga (Alvero-Cruz et al., 2019b; Gönülateş, 2018b).

#### **2.1.12 Definisi Kesegaran Jasmani**

Kesehatan fisik merujuk pada kemampuan sistem tubuh untuk berfungsi secara efisien, memungkinkan hidup sehat dan melakukan aktivitas sehari-hari. Ini umumnya dicapai melalui pola makan yang baik, latihan fisik dengan intensitas sedang-tinggi, istirahat yang memadai, serta perencanaan pemulihan yang terstruktur. Komponen kesegaran jasmani terbagi menjadi 11 aspek, di mana 6 di antaranya berkaitan dengan kesehatan dan 5 berkaitan dengan keterampilan. (Alfa, n.d.).

Semua elemen tersebut memiliki peran krusial dalam mencapai performa yang optimal dalam aktivitas fisik, termasuk dalam berbagai olahraga. Meskipun demikian, keenam aspek ini diakui berperan signifikan dalam kesegaran jasmani yang terkait dengan kesehatan, karena penelitian dalam bidang kinesiologi telah menunjukkan bahwa mereka dapat mengurangi risiko penyakit kronis dan mendukung promosi kesehatan serta kesejahteraan. Para ahli mendefinisikan kesegaran jasmani sebagai "kemampuan seseorang untuk menjalani kehidupan sehari-hari dengan performa, daya tahan, dan kekuatan yang optimal, dengan manajemen terhadap penyakit, kelelahan, dan stres, serta mengurangi perilaku yang kurang aktif." (Y. Wang & Ashokan, 2021).

Kondisi fisik yang baik mengindikasikan bahwa seseorang memiliki kapasitas untuk menjalankan aktivitas sehari-hari dengan semangat dan kewaspadaan, tanpa merasa terlalu lelah, serta memiliki energi yang cukup untuk menikmati waktu luang dan menghadapi situasi darurat yang

tak terduga. Kesegaran jasmani dapat dibagi secara luas menjadi kebugaran metabolik, terkait kesehatan, dan terkait keterampilan. Komponen dari kesegaran jasmani terdiri dari kekuatan kardiovaskular, kekuatan otot, daya tahan otot, kelenturan, dan komposisi tubuh (DINAS JASMANI ANGKATAN DARAT, 2019).

### **2.1.13 Tes Kesegaran Jasmani Kadet Mahasiswa dan VO2Max**

Penilaian tingkat kebugaran jasmani bagi mahasiswa kadet Universitas Pertahanan Republik Indonesia dilakukan melalui penerapan tes kebugaran jasmani yang khusus digunakan oleh prajurit TNI. Tes kebugaran jasmani yang diterapkan pada prajurit TNI disesuaikan dengan jenis kelamin dan usia peserta tes. Secara umum, aspek yang dinilai dalam tes kebugaran jasmani yang diselenggarakan oleh Tentara Nasional Indonesia (TNI) terbagi menjadi dua jenis, yaitu tes kebugaran jasmani "A" dan tes kebugaran jasmani "B". Evaluasi dalam tes kebugaran jasmani A didasarkan pada jarak yang dapat ditempuh oleh peserta selama 12 menit. Sementara itu, tes kebugaran jasmani B melibatkan pull-up untuk pria dan chinning untuk wanita selama 1 menit, sit-up selama 1 menit, push-up selama 1 menit, dan shuttle run. (DINAS JASMANI ANGKATAN DARAT, 2019) .

Kriteria lulus tes kesegaran jasmani aspek lari 12 menit adalah peserta atau prajurit harus mampu berlari sejauh minimal 2400 meter. Pull-up dilakukan oleh pria dengan nilai minimal 10 dan nilai maksimal sebanyak 18 kali secara sempurna dalam waktu 1 menit, untuk Wanita dapat melakukan chinning dengan minimal 40 kali secara sempurna dan maksimal 63 kali dalam kurun waktu 1 menit. Nilai sempurna untuk aspek sit-up adalah sebanyak 43 kali baik untuk pria dan wanita. Aspek push-up dapat dilaksanakan minimal sebanyak 42 kali untuk pria dan 28 kali untuk Wanita. Yang terakhir adalah shuttle run, dimana peserta tes kesegaran

jasmani akan lari membentuk seperti angka 8 berlari diantara 2 buah tiang yang masing-masing berjarak 10 meter dan akan diambil waktunya (DINAS JASMANI ANGKATAN DARAT, 2019) .

Di dunia kedokteran olahraga, kebugaran jasmani "A" yaitu aspek lari 12 menit disebut juga sebagai *cooper test*. *Cooper test* merupakan tes yang digunakan untuk mengukur dan memperkirakan VO2Max dan prediksi waktu half-marathon. Selain *cooper test*, tes yang dapat digunakan untuk mengukur dan memperkirakan nilai VO2Max terdiri dari tes lari 2,4 km, *Harvard Step Test*, *Balke Test*, dan *Multistage Fitness Test*. *Cooper test* dibuat oleh Dr. Kenneth Cooper dan Angkatan Udara Amerika Serikat pada tahun 1968. Tes ini digunakan untuk melihat seberapa baik tubuh seseorang menggunakan oksigen selama dan untuk melihat seberapa baik daya tahan peserta serta memperkirakan berapa banyak oksigen yang dapat digunakan tubuh peserta (Y. Wang & Ashokan, 2021).

Dalam pelaksanaannya untuk memperkirakan VO2Max, *Cooper test* tidak bisa dilakukan pada peserta yang memiliki masalah jantung tertentu, seperti serangan jantung, nyeri dada yang sangat berbahaya, atau detak jantung tidak teratur. *Cooper test* juga tidak dapat dilakukan pada orang dengan arteri tersumbat, gagal jantung, atau bekuan darah di paru. Alasan lain mengapa seseorang mungkin tidak dapat menjalani tes ini termasuk peradangan jantung, masalah pada katup jantung, bahan kimia yang tidak seimbang dalam tubuh, tekanan darah tinggi, detak jantung yang cepat atau lambat, otot jantung yang lemah, atau masalah kesehatan mental atau fisik (Menz et al., 2019b).

## 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.1** Tabel Hasil Penelitian Terdahulu

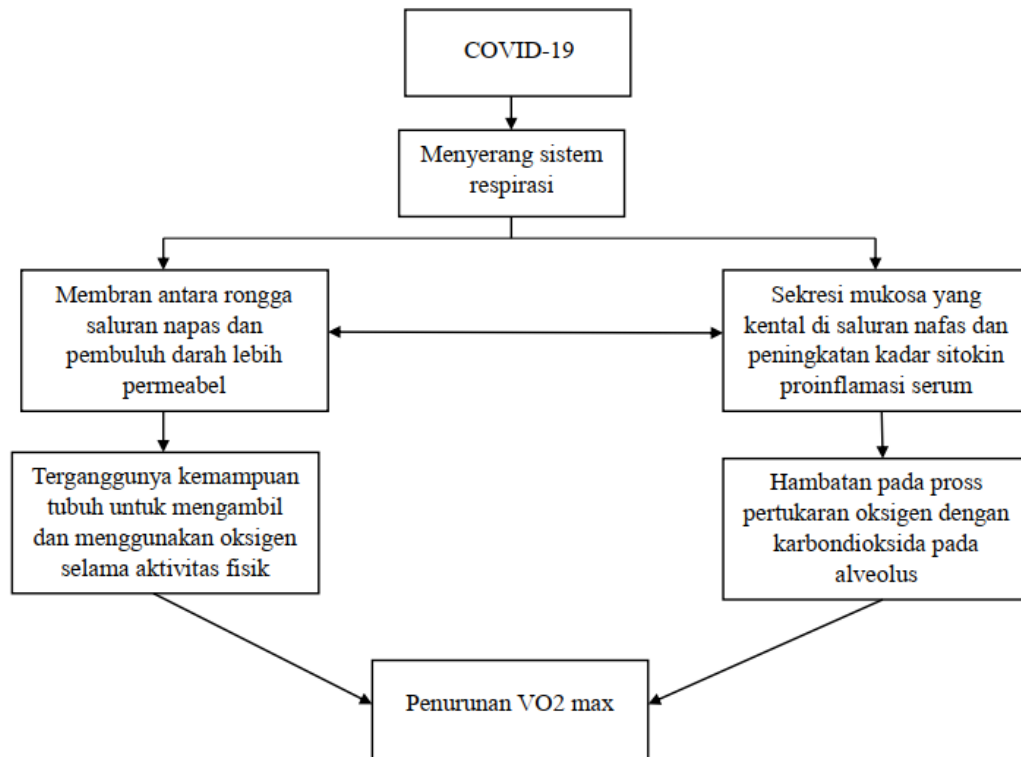
<b>Penulis</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Metode</b>	<b>Hasil</b>	<b>Persamaan</b>	<b>Perbedaan</b>
Puja Asmaul Husna	Penelitian ini dilakukan untuk melihat persebaranTingkat kebugaran kardiorespirasi (VO2Max) pada penyintas COVID-19 di Kota Makassar	Deskriptif Komparatif Purposive Sampling	Penginterpretasian hasil 6MWT dibagi ke dalam enam kategori, namun temuan dari penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kemampuan individu yang telah pulih dari Covid-19 dalam menjalani 6MWT hanya mencakup empat kategori, yaitu baik, cukup, rendah, dan sangat rendah. Prevalensi tingkat kebugaran kardiorespirasi tertinggi pada responden terdapat pada kategori	Membahas mengenai Tingkat VO2Max pada penyintas COVID-19 atau pada subjek dengan Riwayat COVID-19.	Penelitian ini hanya menggambarkan Tingkat kebugaran kardiorespirasi (VO2Max) dan tidak mencari pengaruh.

			rendah, mencapai 236 orang (61,3%).		
Rima Yunitasari , et al.	Menganalisis Tingkat kebugaran VO2Max di masa pandemi COVID-19 pada barista kopi yang memiliki Riwayat positif COVID-19 di Klaten	Penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif	Hasil penelitian menunjukkan bahwa barista kopi umumnya memiliki tingkat kebugaran VO2 Max yang rendah. Keadaan ini disebabkan oleh adanya dampak pandemi COVID-19 yang memengaruhi aktivitas dan pekerjaan barista.	Membahas Tingkat VO2Max pada subjek yang memiliki kemungkinan positif COVID-19	Tidak membandingkan Tingkat VO2Max dan hanya menyajikan data
Suprianto Kadir	Menganalisis Tingkat VO2Max pada atlet karate di era pandemi COVID-19 sehingga rata-rata atlet karate tersebut memiliki Riwayat COVID-19.	Deskriptif kuantitatif secara total sampling	Berdasarkan hasil analisis pada atlet karate yang memiliki riwayat COVID-19Dapat dilihat bahwa 43% (3 orang) memiliki tingkat kebugaran VO2Max yang diklasifikasikan sebagai Cukup, sementara 57% (4 orang) memiliki tingkat kebugaran	Membahas tingkat VO2Max pada saat pandemi COVID-19	Mayoritas Tingkat VO2Max berada dalam kategori Baik

			VO2Max yang diklasifikasikan sebagai Kurang, dan tidak ada atlet yang memiliki tingkat kebugaran VO2Max dalam kategori Kurang Sekali.		

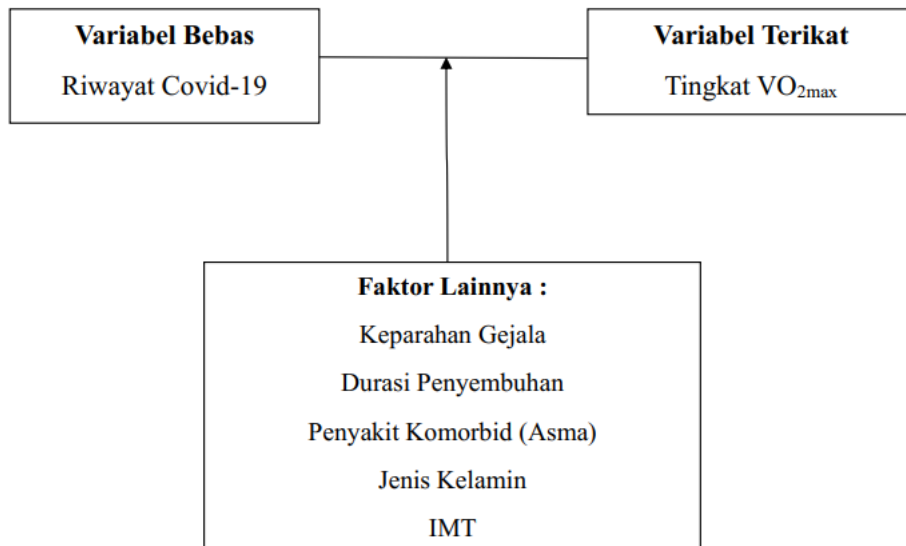
## 2.3 Kerangka Berpikir

### 2.3.1 Kerangka Teori



**Gambar 2.4** Kerangka Teori

### 2.3.2 Kerangka Konsep



Keterangan :

- : Saling Mempengaruhi
- : Faktor yang Mempengaruhi Kedua Variabel
- : Variabel yang diuji

**Gambar 2.5** Kerangka Konsep

### 2.4 Hipotesis

H<sub>0</sub> : Tidak terdapat pengaruh antara riwayat COVID -19 dengan Tingkat VO<sub>2</sub>Max Kadet Mahasiswa Universitas Pertahanan RI.

H<sub>1</sub> : Terdapat pengaruh antara Riwayat COVID-19 dengan Tingkat VO<sub>2</sub>Max Kadet mahasiswa Universitas Pertahanan RI