

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Darah

Darah merupakan cairan yang terdapat dalam tubuh manusia yang berperan dalam pertukaran O₂ (oksigen) dan CO₂ (karbon dioksida) serta sebagai media transportasi berbagai bahan antara sel. Darah berfungsi untuk menyangga perubahan pH, mengangkut kelebihan panas ke permukaan tubuh untuk dikeluarkan. Rata-rata berat darah manusia sekitar 8% dari berat badan (Indricuan et al., 2020). Darah terdiri dari dua komponen, yakni plasma dan sel-sel darah. Bagian plasma darah (bagian cair darah) sebesar 55% dan 45% bagian padat darah. Sel darah terdiri dari sel darah putih (leukosit), keping darah (trombosit) dan sel darah merah (eritrosit). Eritrosit merupakan komponen esensial darah yang jumlahnya paling banyak (Febriyanto et al., 2023).

2.2 Eritrosit

Sel darah merah, yang dalam bahasa Yunani disebut dengan kata "erythros" yang berarti merah dan "kytos" yang berarti sel, merupakan satuan sel yang kompleks. Membran eritrosit terdiri dari lipid dan protein, sementara di dalamnya terdapat hemoglobin, sebuah protein penting yang berfungsi dalam mengikat oksigen dan mengangkutnya ke organ dan jaringan tubuh yang membutuhkan. Sel ini merupakan bagian terbesar dari sel-sel dalam darah, pria dewasa memiliki sekitar 4,4–5,6 juta/ μ L sedangkan wanita dewasa memiliki 3,8–5,0 juta/ μ L (Garini et al., 2019). Bagian dalam sel ini juga memainkan peran penting dalam mempertahankan keberlangsungan hidup sel selama 120 hari serta menjaga fungsi hemoglobin, yang merupakan protein yang mengandung besi dan berperan dalam transportasi oksigen dan karbondioksida di dalam tubuh (Dwi Aridya et al., 2023).

2.2.1 Fungsi Eritrosit

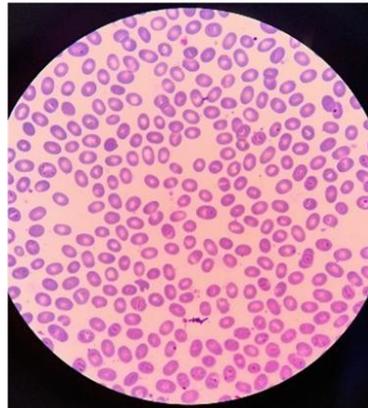
Fungsi eritrosit adalah:

1. Untuk mentransport hemoglobin, yang selanjutnya membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan.
2. Mengangkut O₂ ke jaringan dan mengembalikan karbondioksida dari jaringan ke paru-paru (Dwi Aridya et al., 2023).

2.2.2 Morfologi Eritrosit

Eritrosit, atau sel darah merah, adalah salah satu komponen padat dalam darah yang memiliki bentuk cakram bikonkaf dan tidak memiliki inti. Ukurannya sekitar 6-8 μm , tebalnya sekitar 2 μm , tidak bergerak, berwarna kuning kemerah-merahan, dan memiliki sifat kenyal yang memungkinkannya untuk berubah bentuk sesuai dengan pembuluh darah yang dilalui (Garam et al., 2022).

Pada manusia, bentuk eritrosit yang normal adalah oval, dan sel ini berfungsi penting dalam pertukaran oksigen. Eritrosit berperan sebagai pengatur utama metabolisme dan mempertahankan kehidupan dengan menyalurkan oksigen ke sel-sel dan jaringan di seluruh tubuh, mendukung proses perkembangan, fisiologis, dan regeneratif. Membran yang melapisi eritrosit terbuat dari lipid, protein, dan karbohidrat, dan memiliki sifat permeabel. Perubahan dalam komposisi lipid pada membran dapat mengakibatkan bentuk eritrosit yang abnormal, begitu juga dengan adanya kelainan pada protein membran yang dapat menyebabkan bentuk eritrosit yang tidak normal (Situmorang et al., 2023).



Gambar 2.1 Morfologi Eritrosit
Sumber: Situmorang et al., 2023

2.2.3 Pembentukan Eritrosit

Proses pembentukan eritrosit dikenal sebagai eritropoiesis. Ketika eritrosit mengalami kerusakan, mereka akan mengalami lisis dan berubah menjadi partikel-partikel kecil yang disimpan di hati dan limpa. Sebagian dari eritrosit tersebut akan dihancurkan di dalam limpa, sementara yang lainnya yang lolos akan dimusnahkan di hati. Zat besi yang terdapat dalam hati akan diangkut oleh aliran darah menuju sumsum tulang untuk membentuk eritrosit yang baru (Muliyah et al., 2020).

Sumsum tulang akan memproduksi eritrosit dengan kecepatan produksi sekitar 2 juta eritrosit per detik. Produksi ini distimulasi oleh hormon eritropoetin (EPO) yang di produksi oleh ginjal. Hormon ini juga sering digunakan para atlet dalam suatu pertandingan sebagai dopping (Indricuan et al., 2020).

Retikulosit adalah sel darah merah yang masih muda yang tidak berinti dan berasal dari proses pematangan normoblas di sumsum tulang. Retikulosit biasanya berada dalam darah selama 24 jam sebelum mengeluarkan sisa RNA dan menjadi sel darah merah yang matur. Jumlah retikulosit dapat digunakan sebagai indikator produktivitas dan aktivitas eritropoesis di sumsum tulang dan dapat membantu menentukan klasifikasi anemia (Indricuan et al., 2020).

Retikulosit ditemukan di sumsum tulang dan darah tepi. Di sumsum tulang dibutuhkan waktu kurang lebih 2-3 hari untuk menjadi sel matur, retikulosit matur akan masuk ke sirkulasi darah tepi dan bertahan selama kurang lebih 24 jam sebelum akhirnya mengalami maturase menjadi eritrosit. Eritrosit adalah produk dari proses eritropoesis, yang terjadi di sumsum tulang belakang. Eritropoesis membutuhkan bahan dasar protein, glukosa, dan berbagai aktivator. Proses pembentukan eritrosit baru setiap hari membutuhkan prekursor untuk mensintesis sel baru. Prekursor yang dibutuhkan berupa Cu, Fe, dan Zn (Muliayah et al., 2020).

2.2.4 Nilai Normal Eritrosit

Pria dewasa: 4,3–5,6 juta/ μ L

Wanita dewasa: 3,9–5,1 juta/ μ L (Kemenkes,2011).

2.3 Karate

Karate adalah seni bela diri yang berasal dari Jepang, yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1869 di Okinawa melalui praktik Tea atau Okinawa-Te. Pada tahun 1929, sejumlah tokoh dari Okinawa membawa berbagai aliran mereka ke Jepang. (Kaltsum, 2020). Karate adalah suatu teknik membela diri dengan tangan kosong atau tanpa senjata sehingga seorang karateka tidak hanya mempelajari kekuatan fisik, namun juga mempelajari mental, spiritual, dan kepribadian. Karate juga dapat membentuk potensi dalam diri seseorang seperti sikap, kepribadian dan kedisiplinan (Herlina et al., 2023).

Sejak dibawanya pertama kali ke Indonesia oleh Drs. Baud A.D. Adikusumo olahraga karate telah berkembang menjadi salah satu olahraga yang digemari. Hal ini dapat dilihat dari Banyaknya pertandingan karate yang diadakan mulai dari

Tingkat daerah sampai nasional. Teknik utama dalam karate dibagi menjadi tiga, yaitu: Kihon (teknik dasar), Kata (jurus) , dan kumite (pertarungan) (Kaltsum, 2020). Sedangkan nomor yang dipertandingkan dalam olahraga karate adalah nomor kata dan nomor kumite (Peraturan karate, 2013).

2.4 Eritrosit Pada Atlet Karate

Jumlah eritrosit pada atlet karate merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan dalam menunjang performa latihan dan kompetisi. Eritrosit atau sel darah merah memiliki peran vital dalam mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh, termasuk otot-otot yang aktif selama latihan karate. Pada kondisi normal, kadar eritrosit untuk pria dewasa berkisar antara 4,3–5,6 juta/ μ L, wanita dewasa 3,9–5,1 juta/ μ L (Kemenkes, 2011).

Selama menjalani latihan karate yang intensif, atlet mengalami perubahan fisiologis pada kadar eritrositnya. Adaptasi tubuh atlet karate terhadap latihan intensif meliputi peningkatan produksi hormon eritropoietin yang merangsang pembentukan sel darah merah baru, perbaikan efisiensi sistem transport oksigen, dan optimalisasi kapasitas pembawa oksigen dalam darah. Proses adaptasi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti intensitas dan durasi latihan, status nutrisi terutama zat besi, tingkat dehidrasi, serta kondisi lingkungan tempat berlatih (Situmorang et al., 2023).

Atlet karate perlu memperhatikan beberapa kondisi khusus terkait jumlah eritrosit mereka. Sports anemia atau anemia sering dijumpai pada atlet dan merupakan kondisi adaptif yang normal. Atlet wanita memiliki risiko lebih tinggi mengalami anemia defisiensi besi karena faktor menstruasi. Oleh karena itu, periode pemulihan yang cukup antara sesi latihan menjadi sangat penting untuk menjaga homeostasis eritrosit (Pramesti et al., 2024).

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi jumlah eritrosit pada atlet karate meliputi:

1. Jenis Latihan

Latihan yang melibatkan kontak fisik langsung, seperti kumite (pertarungan), dapat menyebabkan respons inflamasi yang lebih tinggi dibandingkan latihan kata (jurus) yang lebih terstruktur (Susilo and Wiriawan, 2021).

2. Durasi dan Intensitas Latihan

Latihan dengan intensitas, tinggi dan berlangsung lama dapat meningkatkan produksi eritropoietin (EPO), Adaptasi sumsum tulang untuk meningkatkan produksi eritrosi, Perubahan volume plasma yang mempengaruhi konsentrasi eritrosit (Firmanyah Syah and Aziz Hakim, 2020).

3. Fase Pemulihan

Setelah latihan atau pertandingan, kadar eritrosit dapat Kembali normal atau bahkan menurun sebagai respons adaptasi tubuh terhadap latihan rutin (Herlina et al., 2023).

4. Status Nutrisi

Konsumsi protein, zat besi, vitamin B12, dan vitamin C sangat penting pada atlet. Protein berfungsi dalam transportasi zat besi menuju sumsum tulang belakang untuk membentuk sel darah merah. Hormon eritropoietin memainkan peran sentral dalam mengatur jumlah eritrosit yang diproduksi, sementara vitamin B12, dan asam folat mendukung sintesis hemoglobin yang sangat diperlukan untuk fungsi transportasi oksigen dalam darah (Situmorang et al., 2023).

2.5 Metode Pemeriksaan Eritrosit

Cara menghitung eritrosit dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan metode manual dan otomatis.

2.5.1 Metode Manual

Pemeriksaan jumlah eritrosit secara manual dilakukan dengan menggunakan alat Hemositometer, yang mampu memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan, tergantung pada keterampilan teknisi laboratorium. Metode ini menggunakan larutan pengencer dengan sifat isotonik serta berbagai agen yang menghindari hemolisis, krenasi, koagulasi, agresi, dan pembentukan rouleaux, sehingga memungkinkan pengamatan bentuk eritrosit. Beberapa larutan yang digunakan dalam pemeriksaan ini antara lain adalah larutan Hayem, Saline, Ressa Ecker, dan larutan Gower (Febriyanto et al., 2023).

2.5.2 Metode Otomatis

Pemeriksaan eritrosit dapat dilakukan secara otomatis menggunakan alat yang disebut Hematology Analyzer. Prinsip kerja dari alat ini adalah menghitung dan mengukur sel darah berdasarkan perubahan hambatan listrik yang dihasilkan oleh partikel-partikel tersebut. Saat sel darah yang terlarut dalam pengencer

konduktif melewati celah yang dilengkapi dengan elektroda di kedua sisinya, perubahan impedansi terjadi. Hal ini menghasilkan sinyal listrik yang terukur, yang berkaitan dengan volume atau ukuran sel darah tersebut (Saputra and Aristoteles, 2022).

Hematology Analyzer merupakan alat digital otomatis yang menyediakan hasil cepat untuk berbagai pengujian darah. Alat ini mampu melakukan analisis lengkap, termasuk menghitung eritrosit, leukosit, trombosit, kadar hemoglobin, laju endap darah, sedian hapus, hematokrit, retikulosit, serta pemeriksaan hemostasis. Salah satu keunggulan utama dari hematology analyzer adalah kemampuannya untuk membaca sampel darah secara langsung dalam waktu singkat, tanpa memerlukan banyak sampel atau proses yang rumit. Namun, penggunaan alat ini juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti biaya yang tinggi, ketersediaan sarana medis yang terbatas, kebutuhan akan reagen khusus, dan ketidakmampuannya untuk mendeteksi sel darah abnormal (Arini et al., 2023).

2.6 Hubungan Eritrosit Dengan VO2 Max

VO2 Max adalah variabel utama dalam olahraga yang dapat menunjukkan Tingkat dari kebugaran kardiorespirasi, dengan cara seseorang mampu untuk menggunakan oksigen secara maksimal saat berolahraga atau beraktivitas berat dalam waktu cepat. Makin besar daya tampung volume oksigen maka semakin besar ketahanan tubuh selama berolahraga, menandakan kebugaran fisik pada tubuhnya sangat baik. Semakin tinggi kadar VO2 Max maka konsumsi oksigen semakin besar untuk metabolisme di dalam tubuh (Widodo et al., 2022).

Volume oksigen maksimal yang optimal dapat tercapai melalui latihan secara rutin dan teratur akan menyebabkan perubahan positif pada sistem fisiologis di dalam tubuh. Ketika melakukan olahraga dengan durasi lama, tubuh sangat membutuhkan oksigen. Eritrosit yang mempunyai bentuk bikonkaf dan elastis dapat mengalir dan menyebar dalam aliran darah sampai ke organ di dalam tubuh. Fungsi eritrosit sebagai alat transportasi dan pengangkut oksigen yang dihirup dari luar masuk ke dalam tubuh melalui hidung dan terjadi pertukaran oksigen dan karbon dioksida ke sel dan jaringan disekitarnya. Selain itu, eritrosit mengandung hemoglobin yang akan mengangkut dan menyuplai oksigen dari paru-paru ke seluruh ke sel-sel dan jaringan tubuh. Hemoglobin akan meningkat, karena tubuh

memerlukan suplai oksigen yang banyak sebagai sumber energi di dalam tubuh (Dagradi et al., 2024).

2.7 Metode Pengukuran VO2 Max

Pengukuran VO2 Max bisa dilakukan dengan berbagai beberapa test. Tetapi pengukuran yang cukup erat kaitannya dengan O2 adalah Multistage fitness test atau bernama lain bleep test, beep test, pacer test, Lager-test atau 20 meter shuttle run test, merupakan salah satu cara yang digunakan oleh para trainers dan pelatih olahraga untuk menghitung VO2 Max seorang atlet.

Tabel 2.1 Tabel VO2 Max Laki-Laki (satuan dalam ml/kg/menit)

Age	Very Poor	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
13-19	<35.0	35.0-38.3	38.4-45.1	45.2-50.9	51.0-55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0-36.4	36.5-42.4	42.5-46.4	46.5-52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5-35.4	35.5-40.9	41.0-44.9	45.0-49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2-33.5	33.6-38.9	39.0-43.7	43.8-48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1-30.9	31.0-35.7	35.8-40.9	41.0-45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5-26.0	26.1-32.2	32.3-36.4	36.5-44.2	>44.2

Sumber : (Buku Sport Development Index (konsep, metodologidanaplikasi. 2007)