

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Senam Aerobik

Senam aerobik merupakan salah satu kegiatan olahraga fisik yang mudah dan sederhana untuk dilakukan mulai dari anak kecil, remaja dan orang dewasa hingga lansia sekalipun. Senam aerobik adalah olahraga yang melibatkan gerakan, berirama, teratur dan terarah serta pembawaannya yang menggembirakan karena didukung jenis musik yang ceria, hal inilah yang menjadi alasan senam aerobik menjadi olahraga favorit bagi masyarakat (Navera & Mistar, 2021). Senam aerobik mempunyai susunan latihan keseimbangan antara latihan tubuh bagian atas dan bawah. Agar dapat menguasai gerakan keseimbangan diperlukan adanya berbagai keterampilan yang mendukung seperti kepekaan terhadap musik, gerakan kreatif, kemampuan yang menyatukan gerakan secara dinamis dan harmonis serta beberapa pendukung materi lainnya (Listyarini, 2023).

Secara umum, senam aerobik dilaksanakan selama 30-60 menit dengan diiringi musik. Senam aerobik dimulai dengan pemanasan selama 10 menit, dilanjutkan dengan latihan inti selama 30-40 menit dan kemudian diakhiri dengan pendinginan selama 10 menit. Berdasarkan cara melakukan dan musik pengiringnya, senam aerobik dapat dibagi menjadi lima macam, antara lain sebagai berikut :

- a.) *Hight impact aerobic* (senam aerobik aliran/gerakan keras)
- b.) *Low impact aerobic* (senam aerobik aliran/gerakan ringan)

- c.) *Discrobic* (kombinasi antara gerakan-gerakan aerobik aliran keras dan ringan/disco)
- d.) *Rockrobic* (kombinasi gerakan-gerakan aerobik keras dan ringan serta gerakan-gerakan rockandroll)
- e.) *Aerobic sport* (kombinasi antara gerakan-gerakan aerobik keras dan ringan serta gerakan-gerakan melatih kelenturan/fleksibilitas tubuh) (Khoirumah, 2018).

B. Eritrosit (Sel Darah Merah)

1. Pengertian Eritrosit

Eritrosit, yang juga dikenal sebagai sel darah merah, merupakan jenis sel yang paling melimpah dalam darah. Sel ini memiliki bentuk bikonkaf, dengan diameter sekitar 8 mikrometer, dan tidak memiliki inti sel. Eritrosit menyusun sebagian terbesar dari komponen seluler darah, dengan jumlah normal sekitar 4,5 hingga 5,0 juta per milimeter kubik pada pria dan 4,0 hingga 5,0 juta per milimeter kubik pada wanita. Sebagian besar isi sitoplasma eritrosit terdiri dari hemoglobin, yang berperan dalam mengikat oksigen dari paru-paru dan membawanya ke berbagai sel serta jaringan tubuh. Peningkatan jumlah eritrosit sering kali disebabkan oleh hemokonsentrasi yang timbul akibat dehidrasi (kekurangan cairan), sesak napas, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), kebiasaan merokok, luka bakar, atau kehidupan di daerah dataran tinggi. Sebaliknya, penurunan jumlah eritrosit dapat dikaitkan dengan berbagai gangguan kesehatan klinis.

Proses pembentukan eritrosit terjadi di sumsum tulang (Hotman Sinaga 1, et al, 2018).

2. Fungsi Eritrosit

Fungsi utama eritrosit atau sel darah merah adalah mengangkut oksigen (O_2) dari paru-paru ke berbagai jaringan tubuh guna mendukung proses metabolisme. Eritrosit memiliki kemampuan istimewa berkat tingginya kadar hemoglobin; tanpa hemoglobin, kemampuan darah untuk membawa oksigen dapat menurun hingga 99%. Hemoglobin berfungsi penting dengan kemampuannya mengikat oksigen secara mudah dan reversible, sehingga oksigen yang terikat di paru-paru sebagai oksihemoglobin dapat dibawa melalui darah dan kemudian dilepaskan di jaringan tubuh (Oktayani, 2017).

3. Pembentukan Eritrosit

Pembentukan eritrosit, yang juga disebut eritropoiesis, adalah proses penghasilan sel darah merah. Dalam kondisi normal, eritropoiesis memerlukan tiga faktor kunci: sel stem hematopoietik, sitokin spesifik beserta faktor pertumbuhan dan regulator hormonal, serta elemen hematopoietik yang memengaruhi lingkungan mikro, seperti stroma pendukung dan interaksi antar sel yang memicu proliferasi serta diferensiasi sel stem hematopoietik, yang pada akhirnya menghasilkan sel darah merah yang matang. Proses proliferasi dan maturasi ini dikendalikan oleh sitokin, dengan

eritropoietin sebagai faktor paling penting dalam mekanisme tersebut. Apabila terjadi hipoksia, nefron ginjal akan merespons dengan memproduksi eritropoietin. Eritropoietin (EPO) adalah hormon glikoprotein dengan berat molekul 30-39 kD, yang mengikat reseptor spesifik pada progenitor sel darah merah, sehingga memberikan sinyal untuk merangsang proliferasi dan diferensiasi. Di sisi lain, jika volume sel darah merah meningkat di atas batas normal, misalnya akibat transfusi darah, maka aktivitas eritropoietin di sumsum tulang akan menurun. Eritropoietin sebagian besar diproduksi oleh sel interstitial peritubular (*endothelial*) di ginjal (sekitar 90%), sedangkan sisanya (10-15%) dihasilkan oleh hati. Produksi EPO akan meningkat dalam kondisi anemia atau hipoksia jaringan.

4. Peningkatan dan Penurunan Eritrosit

Peningkatan eritrosit dipengaruhi dengan beberapa faktor pada keadaan :

- a. Polisitemia Vera
- b. Polisitemia Absolut Sekunder
- c. Polisitemia Relatif (Dehidrasi)

Sedangkan penurunan eritrosit juga dipengaruhi beberapa faktor keadaan seperti :

- a. Gangguan eritropoiesis di sumsum tulang
- b. Destruksi eritrosit (hemolisis)
- c. Pendarahan (*blood loss*) kronis atau akut

C. Pemeriksaan Jumlah Eritrosit

Pemeriksaan jumlah eritrosit adalah prosedur yang bertujuan mengukur jumlah sel darah merah dalam darah serta berfungsi sebagai pemeriksaan awal untuk mengidentifikasi penyakit anemia. Prosedur ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu metode manual dan juga otomatis, metode manual dilakukan dengan cara mengencerkan darah dengan larutan isotonik (hayem) yang kemudian dihitung dengan menggunakan *Hemocytometer* (kamar hitung) dibawah mikroskop. Sedangkan dengan metode otomatis dapat dihitung dengan menggunakan alat *Hematology Analyzer*.

Penghitungan jumlah eritrosit dilakukan berdasarkan jumlah sel per satuan volume darah. Pemeriksaan ini biasanya dilakukan dengan alat hitung elektronik. Secara umum, alat tersebut dapat digunakan bersamaan dengan alat pengencer otomatis, yang menghasilkan hasil yang sangat akurat dan tepat. Meskipun demikian, harga alat penghitung otomatis relatif mahal dan memerlukan penggunaan serta pemeliharaan yang hati-hati. Selain itu, diperlukan langkah-langkah untuk memastikan keandalan alat melalui program jaminan mutu (*quality control*) (Febriyanto,T., et al, 2023).

Pemeriksaan jumlah eritrosit adalah tes darah rutin yang umum dilakukan di laboratorium klinik. Karena tingginya permintaan untuk pemeriksaan ini, prosedur biasanya dijalankan secara otomatis, di mana alatnya mengandalkan aliran listrik berdasarkan prinsip impedansi.

Meskipun biaya mesin ini cukup tinggi, alat tersebut mampu menyelesaikan pemeriksaan dengan kecepatan, akurasi, dan kemudahan yang baik (Satya Darmayani, Fonnice E. Hasan, 2016). Metode otomatis ini melibatkan penggunaan Hematologi Analyzer, yang lebih praktis dan memberikan hasil yang akurat, tetapi tetap lebih mahal daripada metode manual, yang cenderung lebih hemat dalam segi biaya (Febriyanto, T., et al, 2023).

Pemeriksaan eritrosit metode manual menggunakan alat *Hemocytometer* yang mana dapat memberikan hasil yang bisa dipercaya dan akurat, dan juga tergantung pada keahlian teknisi laboratorium. Pemeriksaan hitung jumlah eritrosit metode manual menggunakan larutan pengencer dengan kriteria isotonik, anti hemolisis, antri krenasi, anti koagulan, anti agresi, anti *rouleaux* dan dapat memperlihatkan bentuk eritrosit (Garini et al., 2019).

D. Hayem

a. Pengertian Hayem

Larutan Hayem merupakan isotonik yang digunakan sebagai pelarut darah untuk menghitung jumlah eritrosit. Ketika darah dicampur dengan solusi Hayem, leukosit terurai dan hanya eritrosit yang tersisa (Siahaan, 2022).

b. Komposisi Hayem

Komposisi larutan Hayem menggunakan 5 gram Na Sulfar, 1 gram NaCl, 0,5 gram HgCl₂ dan 100 ml air suling.

E. Metode Otomatis (*Hematology Analyzer*)

1. Prinsip

Metode otomatis untuk pemeriksaan jumlah eritrosit menggunakan alat *Hematologi Analyzer*, yang mengandalkan aliran listrik berdasarkan prinsip impedansi (Satya Darmayani, Fonnice E. Hasan, 2016). Dalam pendekatan ini, penghitungan eritrosit dilakukan dengan mengukur perubahan hambatan listrik yang dihasilkan oleh partikel sel, di mana sel darah yang dicampur dalam pengencer konduktif melewati celah sempit yang dilengkapi elektroda di kedua sisinya. Perubahan impedansi ini menghasilkan sinyal listrik yang dapat diukur dan berkaitan langsung dengan volume atau ukuran sel. Besar amplitude sinyal tersebut sebanding dengan volume setiap partikel. Selanjutnya, setiap sinyal diperkuat dan dibandingkan dengan saluran tegangan acuan internal, yang hanya menerima sinyal dengan amplitude tertentu. Apabila sinyal berada dalam rentang RBC, maka akan dihitung sebagai sel darah merah. Prinsip pengukuran ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ukuran sel, luas permukaan, dan adanya granula di dalam sel. Namun, hasil yang rendah secara umum pada eritrosit bisa timbul akibat pengkerutan sel

eritrosit, yang mungkin salah diinterpretasikan sebagai trombosit oleh alat Hematologi Analyzer (Febriyanto, T., et al, 2023).

2. Kelebihan

Alat *Hematologi Analyzer* dapat mengeluarkan hasil yang sangat teliti, tepat, lebih praktis dan didapatkan keakuratan hasil (Pratomo, 2016).

3. Kekurangan

Harga mesin *Hematologi Analyzer* cukup mahal, mengharuskan pemakaian dan pemeliharaan yang sangat cermat. Selain itu perlu ada upaya untuk menjamin tepatnya alat itu bekerja dalam satu program jaminan mutu (*quality control*) (Febriyanto, T., et al, 2023).

F. Metode Manual (*Haemocytometer*)

Pemeriksaan hitung jumlah eritrosit secara manual dengan alat *Hemocytometer* merupakan metode yang paling umum digunakan karena lebih murah. Metode ini biasanya digunakan pada rumah sakit dan laboratorium klinik berskala kecil dengan beban kerja yang tidak terlalu besar. Pada metode ini, eritrosit dihitung dengan bantuan mikroskop. Naun hitung jumlah eritrosit dengan metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan rumit. Selain itu, akurasi hasil pemeriksaan dipengaruhi oleh faktor subyektif seperti pengamatan dan keahlian dari teknisi laboratorium dan faktor kelelahan teknisi terutama jika sampel pemeriksaan dalam jumlah yang sangat besar. Metode otomatis digunakan sebagai

solusi masalah tersebut karena lebih efektif dan efisien (Neni Oktiyani, et al, 2017).

G. Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Eritrosit

Jumlah eritrosit dipengaruhi oleh berbagai aspek seperti jenis kelamin, usia, kondisi fisik tubuh, fluktuasi harian, serta tingkat stres. Ukuran sel darah itu sendiri juga berperan dalam menentukan jumlah eritrosit. Misalnya, jumlah eritrosit cenderung meningkat ketika seseorang berada di daerah dataran tinggi karena perubahan suhu, dengan tujuan mempertahankan pengangkutan oksigen (O₂) ke jaringan tubuh dalam keadaan normal. Selain itu, kekurangan zat besi dalam makanan yang dikonsumsi dapat memengaruhi produksi sel darah merah, karena zat besi harus diserap secara efektif dari saluran pencernaan. Jika terjadi gangguan pada saluran pencernaan, proses absorpsi zat besi menjadi kurang optimal, yang mengakibatkan defisiensi zat besi di tubuh dan menunda pembentukan sel darah merah. Selain itu, kehilangan darah yang disebabkan oleh pendarahan menstruasi, luka, atau pendarahan gastrointestinal akibat penggunaan obat-obatan dapat menguras cadangan zat besi, sehingga proses pembentukan sel darah merah menjadi terganggu (Febriyanto, T., et al, 2023).

Tahap pemeriksaan laboratorium secara umum diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama: pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik (Hotman Sinaga 1, et al, 2018).

- a. Tahap pra-analitik, atau tahap persiapan awal, sangat penting karena secara langsung memengaruhi kualitas sampel yang dihasilkan serta mempengaruhi kelancaran proses kerja berikutnya. Tahap ini meliputi: Pemilihan sampel darah sisa yang tersedia di laboratorium. Memastikan volume spesimen yang akan diperiksa mencukupi, dalam kondisi optimal dan tidak mengalami lisis, dengan preferensi menggunakan sampel segar, penerapan antikoagulan yang sesuai dengan volume sampel, penggunaan wadah penampung yang memenuhi standar, serta pencocokan identitas sampel dengan data pasien (Ramadhani & Raga, 2022).
Persiapan reagen, seperti melakukan pengenceran yang tepat antara reagen dan sampel, menjaga agar larutan pengencer bebas dari kontaminasi seperti darah atau bahan lain, serta memverifikasi bahwa alat seperti *Hematology Analyzer* dan *Hemocytometer* berada dalam keadaan normal dan bersih. Apabila pemeriksaan sampel harus ditunda, simpan sampel pada suhu 16°C (suhu ruangan ber-AC) jika penundaan lebih dari 2 jam, atau pada suhu 2°-8°C jika penundaan lebih dari 6 jam (Utami ayu putri, et al, 2019).
- b. Tahap analitik adalah fase pemeriksaan sampel yang bertujuan memperoleh hasil yang akurat, di mana perlu diperhatikan volume reagen yang digunakan, kondisi alat, proses pengocokan

dan pencampuran sampel, serta tingkat ketelitian dalam menghitung sel eritrosit.

- c. Tahap pasca analitik, atau fase akhir pemeriksaan, mencakup penulisan hasil, verifikasi ulang dengan laboran jika hasil menunjukkan ketidaknormalan dan disesuaikan dengan rekam medis pasien, konsultasi dengan dokter yang bertanggung jawab, serta pengiriman hasil kepada perawat atau langsung kepada pasien.

H. Lama Penyimpanan dan Suhu

Pemeriksaan pada sampel darah yang diterima dilakukan penyimpanan untuk menjaga kondisi supaya tidak rusak, maka sampel darah biasanya disimpan dalam lemari pendingin bersuhu 4°C selama beberapa jam sampai beberapa hari, proses penyimpanan menyebabkan perubahan hasil uji karena sifat darah yang cepat rusak apabila dibiarkan dikondisi yang tidak ideal atau suhu ruangan. Penyimpanan pada suhu ruangan sangat berpengaruh pada efektifitas kegiatan atau bahkan dalam pekerjaan atau dalam proses penyimpanan spesimen, adapun persyaratan udara ruangan yang baik memiliki suhu berkisar 18°C-28°C, salah satu faktor kenyamanan dalam beraktifitas pada suhu ruangan dapat ditentukan oleh keadaan lingkungan tempat dimana proses pemeriksaan tersebut (Ferdinand Afriansyah, dkk., 2021).

Penundaan waktu dapat mempengaruhi jumlah eritrosit, makin lama penundaan maka jumlah sel-sel terhitung semakin berkurang karena sel

mengalamo hemolisis atau mati selama penundaan sel-sel mengalami perubahan biokimia, biomekanis dan reaksi imunologis menyebabkan terjadinya kerusakan struktural dan morfologi, dan juga konsentrasi antikoagulan yang tidak tepat juga dapat menyebabkan gangguan tonisitas pembengkakan sel dan hemolisis (Ferdie Afriansyah, dkk., 2021).

Pemeriksaan yang menggunakan darah EDTA sebaiknya harus dilakukan dengan segera bila dipaksa ditunda sebaiknya harus diperhatikan batas waktu penyimpanan untuk masing-masing pemeriksaan, penyimpanan darah EDTA pada suhu kamar yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya perubahan eritrosit seperti pecahnya membran eritrosit, pada darah EDTA yang ditunda lebih dari 2 jam pada suhu kamar atau pada suhu 4°C eritrosit akan mengalami pembengkakan sehingga nilai hematokrit, volume eritrosit rata-rata mengalami meningkat dan konsentrasi hemoglobin eritrosit rata-rata menurun (Ferdie Afriansyah, dkk., 2021).

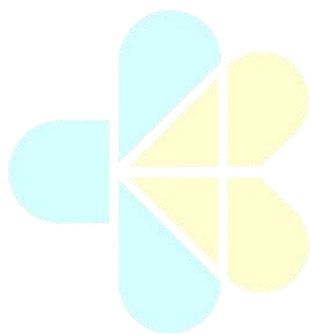
I. Mekanisme Peningkatan Jumlah Eritrosit Dengan Senam Aerobik

Senam aerobik, seperti berlari, bersepeda, atau berenang, yang dilakukan dalam durasi dan intensitas sedang hingga tinggi, mampu menambah jumlah eritrosit melalui proses fisiologis yang mencakup adaptasi tubuh terhadap kebutuhan oksigen yang lebih besar. Saat melakukan olahraga aerobik, otot-otot beraktivitas lebih keras, sehingga konsumsi oksigen naik dan menciptakan hipoksia relatif (kekurangan oksigen sementara) di jaringan. Hal ini mendorong ginjal untuk mengeluarkan hormon eritropoietin (EPO), yang selanjutnya merangsang sumsum tulang agar mempercepat pembentukan eritrosit untuk meningkatkan kemampuan darah membawa oksigen. Di samping itu, latihan aerobik juga memicu stres oksidatif ringan serta respons peradangan, yang dapat memperkuat sinyal pembentukan sel darah melalui jalur seperti aktivasi faktor transkripsi *hypoxia-inducible factor* (HIF). Penelitian terkini oleh Schmidt et al. (2019) yang diterbitkan di *Frontiers in Physiology* mengungkapkan bahwa latihan aerobik intensitas sedang selama 8-12 minggu secara nyata menaikkan kadar EPO dan jumlah eritrosit pada orang sehat, dengan dampak yang lebih besar pada atlet ketimbang masyarakat umum. Mekanisme ini tidak hanya memperbaiki kinerja fisik tetapi juga bermanfaat untuk kondisi seperti anemia ringan, walaupun responsnya bisa berbeda tergantung usia, tingkat kebugaran, dan asupan nutrisi (Schmidt, W., 2019).

Senam aerobik yang dilakukan dengan menggunakan prinsip-prinsip latihan yang benar akan memberikan pengaruh dan adaptasi biologis yang baik terhadap tubuh. Apabila suatu senam aerobik dilakukan sesuai dengan prinsip dasarnya akan meningkatkan kualitas fisik. Perubahan-perubahan yang terjadi baik terhadap tubuh, antara lain : perubahan kimia, peningkatan volume sekuncup, peningkatan volume semenit, peningkatan volume darah dan hemoglobin, pengaruh pada tingkat seluler, meningkatkan jumlah dan diameter mitokondria, meningkatkan berbagai aktivitas enzim yang diperlukan untuk siklus kreb dan elektron (Khoiruromah, 2018).

Aktivitas fisik khususnya latihan aerobik, secara signifikan meningkatkan sirkulasi darah di dalam tubuh manusia. Latihan tersebut juga secara drastis meningkatkan kebutuhan otot terhadap oksigen selama proses berlangsung. Akibatnya, konsumsi oksigen pada otot mencapai peningkatan hingga 100 kali lipat dari kondisi istirahat secara normal. Selain itu, faktor utama yang mendorong produksi eritropoietin adalah ketersediaan oksigen yang memadai untuk memenuhi kebutuhan metabolisme jaringan tubuh pada saat latihan aerobik dilakukan. Berkaitan dengan hal tersebut, kondisi hipoksia yang terjadi saat berolahraga dan adaptasi tubuh akibat olahraga intens menyebabkan peningkatan hormon eritropoietin dalam jumlah kecil dari ginjal dan hati secara bertahap. Maka dari itu, olahraga teratur telah menyebabkan peningkatan hormon eritropoietin, peningkatan aliran darah, dan

akhirnya peningkatan eritrosit dalam darah. Peningkatan eritrosit ini juga bergantung pada kehilangan plasma yang disebabkan oleh olahraga secara langsung (Suwanto, ZK. dkk. 2021).



Kemenkes
Poltekkes Bengkulu