



Literatur Review: Kajian Komprehensif Tentang Darah, Komponen Utama, dan Gangguan Hematologis

Hani Ardita, Mutiara Pratiwi¹, Najwa Khoiriya Jannah², Nur Ainun³, Viona Aprilio⁴

^{1,2,3,4}Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, UIN Raden Intan Lampung

¹haniarditacantika@gmail.com, ²mutigoia@gmail.com, ³najnay544@gmail.com, ⁴nrnun14@gmail.com,

⁵vionaprilio22@gmail.com

Abstrak

Sistem peredaran darah merupakan sistem vital yang berfungsi mengedarkan oksigen, nutrisi, hormon, serta membuang sisa metabolisme melalui kerja terkoordinasi antara jantung, pembuluh darah, dan komponen darah seperti eritrosit, leukosit, dan trombosit. Selain menjalankan fungsi transportasi, regulasi, dan proteksi, darah juga memiliki karakteristik genetik seperti golongan darah ABO dan Rhesus yang berperan penting dalam transfusi dan kompatibilitas medis. Gangguan darah dapat terjadi pada sistem ini, salah satunya yaitu kanker darah, yang menyebabkan penurunan fungsi darah dalam mengangkut oksigen, membeku, serta melawan infeksi. Kajian literatur ini memberikan gambaran komprehensif mengenai struktur, fungsi, komponen, serta gangguan pada darah. Sistem peredaran darah sangat penting untuk menjaga kehidupan manusia. Jantung, sebagai organ utama, berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh dengan kecepatan sekitar 72 kali per menit. Darah yang dipompa membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh dan mengangkut karbon dioksida kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan. Pembuluh darah, seperti arteri dan vena, bekerja sama dalam proses ini. Selain itu, darah juga memiliki peran lain, seperti melindungi tubuh dari infeksi melalui antibodi yang bekerja melawan mikroorganisme. Sistem golongan darah, seperti ABO dan Rh, penting ketika melakukan transfusi darah agar tidak terjadi reaksi yang berbahaya. Darah juga membantu menjaga suhu tubuh dan keseimbangan cairan serta pH tubuh agar tetap stabil. Secara keseluruhan, darah sangat penting untuk mendukung fungsi tubuh yang sehat dan optimal.

Kata Kunci: Darah, Komponen Darah, Gangguan Penyakit Dara, Fungsi Darah

1. Latar Belakang

Sistem sirkulasi darah adalah salah satu sistem penting yang memastikan tubuh dapat berfungsi dengan baik melalui penyaluran oksigen, nutrisi, hormon, dan pengeluaran limbah metabolik (Setiadi, 2020). Darah merupakan jaringan cair yang memiliki peranan fundamental dalam menjaga homeostasis tubuh (Ningrum et al., 2022). Berdasarkan analisis dari berbagai sumber yang ada, masalah utama yang teridentifikasi adalah rendahnya pengetahuan siswa dan masyarakat tentang susunan darah, peran elemen darah, cara kerja sistem sirkulasi, serta berbagai gangguan hematologis seperti anemia, thalassemia, anemia sel sabit, hemofilia, dan leukemia. Kurangnya pengetahuan dapat berakibat pada sikap kurang peduli terhadap kesehatan darah, keterlambatan dalam mendeteksi penyakit, dan kesulitan dalam memahami materi biologi yang seringkali bersifat rumit dan abstrak (Nahombang, 2025). Di sisi lain, perkembangan ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa penyakit - penyakit darah, khususnya leukemia, sangat berkaitan dengan proses pembentukan darah, kelainan genetik, dan gangguan proliferasi sel - sel di sumsum tulang (Al Faroby & Fauzi, 2025). Oleh karena itu, pemahaman yang menyeluruh menjadi sangat penting untuk tujuan pendidikan dan kesehatan.

Untuk menanggulangi permasalahan ini, penelitian ini dirancang dengan mengkaji berbagai literatur dari beberapa sumber yang telah dianalisis, termasuk materi tentang sistem sirkulasi darah, komponen darah, proses pembentukan darah, genetika tipe darah, serta kelainan dan kanker darah. Rencana pemecahan masalah dilakukan dengan mengintegrasikan semua informasi tersebut dalam satu kerangka pengetahuan yang teratur dan menyeluruh, guna memberikan pemahaman yang lebih mudah bagi pembaca mengenai konsep dasar hingga gangguan pada siklus darah. Melalui penyusunan materi secara sistematis berdasarkan teori dasar dan hasil penelitian ilmiah, studi ini juga menggambarkan keterkaitan antara komponen dan masalah dalam sistem sirkulasi darah yang biasanya dipahami secara terpisah.

Penelitian terdahulu terkait gambaran darah seperti sel darah merah, hemoglobin dan PCV pada ayam kampung jantan serta pemberian kombinasi vitamin E, memaparkan bahwa pertumbuhan ayam kampung kini kian melambung tinggi, dengan adanya aktivitas pemeliharaan ayam kampung dapat mempertahankan daya tahan hidup akan penyakit (Syaravicena et al., 2023). Vitamin E sangat dibutuhkan untuk menstabilkan membran eritrosit pada darah yang banyak ditemukan pada lipoprotein plasma. Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sel darah merah yang rendah terhadap perlakuan kontrol menghasilkan jumlah sel darah merah mencapai kisaran normal, dengan begitu dapat diduga bahwa hal

tersebut berkaitan dengan ayam tersebut mengalami anemia, biasanya anemia pada ayam dikarenakan oleh stres pada ayam yang disebabkan oleh suhu selama jangka pemeliharaan berada di atas suhu nyaman ayam yang berada di kisaran 28,7 c .

Perbedaan jenis kelamin, yang menentukan proporsi ukuran tubuh, menyebabkan volume darah manusia berbeda. Volume darah laki-laki dewasa berkisar antara 5 hingga 6 liter, sedangkan volume darah wanita dewasa berkisar antara 4 hingga 5 liter. Komponen cair dari darah adalah plasma, dan komponen padat terdiri dari keping darah atau trombosit yang berfungsi untuk membekukan darah (Sutantie et al., 2025). Sistem peredaran darah terkait erat dengan sistem pernafasan, sistem pencernaan, sistem ekskresi, sistem sekresi, dan sistem kekebalan tubuh (imun) manusia. Fluida yang mengalir di tubuh manusia dan vertebrata tingkat tinggi lainnya, bertanggung jawab atas semua proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh. Tubuh terutama berfungsi sebagai cairan yang membawa nutrisi ke seluruh tubuh, kemudian membawa kembali hasil metabolisme nutrisi tersebut, yang kemudian dilanjutkan dengan proses ekskresi, yang dibantu oleh organ ekskresi seperti ginjal, paru - paru, dan kulit (Maisyarah Buliani et al., 2020).

Serum merupakan bagian cairan pada darah yang tidak memiliki kandungan sel darah faktor pembeku darah, adapun protein koagulasi dan protein yang lain tidak memiliki ikatan dengan hemostasis serta dapat berada pada serum yang memiliki kadar sama dengan plasma, jika koagulasi berproses secara langsung dan abnormal, maka serum dapat mengandung sisa fibrinogen dan produk pemecahan fibrinogen atau protrombin yang belum dikonveksi (Tuntun et al., 2024) . Serum didapatkan dari spesimen darah yang tidak ditambahkan pada antikoagulan, dan melakukan pemisahan 2 metode dengan menggunakan sentrifuge, setelah itu maka darah akan dibiarkan sampai membeku dengan waktu kurang lebih 15 menit. . Selain itu, Plasma darah berfungsi untuk membawa produk samping metabolisme yang tidak dibutuhkan dan membantu menjaga homeostasis darah, seperti menjaga tekanan normal dan volume darah. Selain itu, ada hubungan antara antibodi yang dibawa oleh plasma darah dan sistem imun yang ada pada sistem pertahanan manusia. Selain itu, mineral yang sering ditemukan pada plasma darah seperti Fe³⁺, Na⁺, Ca⁺, Cl⁻, dan Mg²⁺ berfungsi sebagai elektrolit dalam sel-sel darah dan memiliki kemampuan untuk mengontrol osmolaritas plasma. Dalam hukum termodinamika, perubahan bentuk reaksi akan menghasilkan energi entalpi untuk menjaga kesetimbangan reaksi; dalam hal ini, ini adalah energi panas. Karena aliran plasma terus bersirkulasi di dalam tubuh, pembuluh darah yang melewati organ di mana jaringan atau sel-selnya melakukan respirasi seluler membawa energi panas dalam alirannya. Akibatnya, suhu tubuh tetap stabil (Olla et al., 2025).

Penataan ulang KMT2A, sebelumnya dikenal sebagai leukemia garis keturunan campuran (MLL), merupakan salah satu kelainan kromosom yang paling sering dijumpai pada pasien dengan leukemia mieloid akut (LMA) dan leukemia limfoblastik akut (LLA), melibatkan banyak pasangan fusi yang berbeda. KMT2A-r ditandai dengan perkembangan yang cepat, agresivitas tinggi, dan prognosis yang jauh lebih negatif dibandingkan dengan leukemia yang tidak mengalami rekombinasi KMT2A. Meskipun telah dilakukan pengobatan dengan kemoterapi dan transplantasi sel punca hematopoietik (HSCT) yang modern, pasien yang mengalami leukemia KMT2A-r biasanya tetap menunjukkan hasil yang buruk dan respons yang terbatas terhadap pengobatan tersebut. Leukemia, yang merupakan salah satu tipe kanker pada sel darah, dibedakan menurut jenis sel darah putih yang terpengaruh (limfosit atau sel myeloid) serta jalannya penyakit (akut atau kronis). Di tahun 2020, leukemia berada di posisi ke-15 dalam daftar kanker yang paling sering didiagnosis dan ke-11 dalam angka kematian yang disebabkan oleh kanker di seluruh dunia, dengan total 474. 519 kasus baru dan 311. 594 kematian (Tuntun et al., 2024).

Darah berperan dalam menjaga kestabilan lingkungan tubuh (homeostasis). Salah satu perannya adalah mengatur suhu tubuh dengan mengedarkan panas dari jaringan aktif, terutama otot. Ketika suhu tubuh meningkat, darah dialirkan ke pembuluh di dekat permukaan kulit agar panas dapat dilepaskan (Lentera Afrida Kusumawardani & Reinaldi Angga Ardhana, 2025). Plasma darah yang mengandung ion dan protein membantu mengatur tekanan osmotik, sehingga keseimbangan cairan tubuh terjaga. Selain itu, buffer kimia dalam darah menjaga kestabilan pH agar tetap berada pada kisaran normal, yaitu sekitar 7,4. Sistem ABO diklasifikasikan berdasarkan ada atau tidaknya antigen A dan B pada permukaan sel darah merah. Antigen ini merupakan sifat bawaan dan tidak berubah sejak seseorang lahir hingga meninggal. Berdasarkan kombinasi kedua antigen tersebut, golongan darah terbagi menjadi empat jenis, yaitu A, B, AB, dan O. Golongan darah merupakan sebuah informasi medis penting bagi setiap individu (Sutantie et al., 2025). Keberhasilan dalam berbagai aspek medis seperti transfusi, transplantasi organ serta kehamilan sangat ditentukan oleh kompatibilitas golongan darah. Pemeriksaan golongan darah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis golongan darah yang dimiliki dan berguna untuk memenuhi kebutuhan darah apabila diperlukan. (Collins et al., 2021)

Angiogenesis serta berbagai faktor yang memengaruhinya merupakan aspek krusial dalam pertumbuhan pembuluh darah (Lentera Afrida Kusumawardani & Reinaldi Angga Ardhana, 2025). Walau perannya vital dalam pembentukan kapiler baru, kemampuan ini untuk memicu tumor solid dipandang sebagai kondisi penyakit. Leukemia dapat dijadikan contoh yang relevan untuk situasi tersebut. Ketidakseimbangan dalam pembelahan sel di sumsum tulang menghasilkan peningkatan jumlah sel darah putih dan mengakibatkan leukemia. Peningkatan sel darah putih yang berlebihan menyebabkan penurunan jumlah sel darah merah dan trombosit, yang berperan penting bagi kesehatan tubuh (Olla et al., 2025). Berbeda dengan sel darah putih yang normal, sel-sel ini hampir tidak dapat melawan infeksi yang berbahaya. Leukemia yang berlangsung lama juga dapat menyebabkan organ tidak berfungsi dengan baik.

Adapun tujuan penelitian ini adalah: (1) mengidentifikasi dan menjelaskan masalah terkait rendahnya pengetahuan mengenai sistem sirkulasi darah; (2) menyajikan pemahaman yang menyeluruh mengenai struktur darah, fungsi dari komponen darah, dan cara kerja sistem sirkulasi; (3) menjelaskan berbagai gangguan hematologis berdasarkan temuan dari literatur, termasuk anemia, thalassemia, anemia sel sabit, hemofilia, dan leukemia; dan (4) merangkum teori-teori penting yang relevan untuk

memperkuat dasar pemahaman tentang sistem peredaran darah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pandangan baru dalam pengajaran sistem peredaran darah, serta menjadi rujukan bagi para guru, siswa, dan masyarakat umum yang membutuhkan pemahaman ilmiah yang lebih baik.

Studi teoritis menunjukkan bahwa darah terdiri dari plasma dan komponen seluler seperti eritrosit, leukosit, dan trombosit yang masing-masing memiliki peranan penting dalam transportasi oksigen, sistem kekebalan tubuh, dan proses pembekuan darah (Setiawan, 2024). Proses hematopoiesis yang berlangsung di sumsum tulang juga merupakan aspek penting untuk memahami bagaimana kelainan darah seperti leukemia bisa muncul akibat proliferasi sel yang tidak normal. Golongan darah ABO dan Rhesus juga merupakan teori dasar dalam memahami transfusi darah dan kesesuaian imunologis (Bahar et al., 2024). Gangguan hematologis terjadi karena masalah dalam struktur hemoglobin, produksi sel darah, atau mutasi genetik, seperti yang terlihat pada thalassemia, anemia sel sabit, dan leukemia (Kinanti & Anas, 2024). Penyakit pada darah dibedakan berdasarkan kecepatan perkembangan (akut atau kronik) dan asal sel (mieloid atau limfoid (Pramesti et al., 2025).

Studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan, terutama dalam penyampaian materi sistem sirkulasi darah yang menarik, komprehensif, dan mudah dimengerti. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran tentang pentingnya kesehatan darah dan memberikan wawasan ilmiah yang mendukung upaya deteksi dini, pencegahan, dan penanganan gangguan darah.

2. Metode

Desain Penelitian ini menggunakan Literature Review atau kajian Kepustakaan dengan pendekatan kualitatif deskriptif. Kajian kepustakaan merupakan kegiatan menelusuri, membaca dan menelaah berbagai sumber ilmiah seperti jurnal penelitian, buku maupun artikel ilmiah lainnya yang relevan dengan topik kajian. Melalui metode ini peneliti berusaha mengumpulkan dan menganalisis berbagai hasil penelitian yang berkaitan dengan kajian komprehensif tentang Darah, Komponen Utama, dan Gangguan Hematologis.

Proses penelitian dimulai dengan mengumpulkan referensi dari berbagai sumber, seperti jurnal nasional maupun internasional, buku teks hematologi, artikel ilmiah, dan laman kesehatan yang kredibel. Pengumpulan data dilakukan melalui pencarian literatur secara elektronik menggunakan database Google Scholar, Sinta, ResearchGate, dan Garuda RistekBRIN, serta pencarian manual melalui buku-buku ilmiah di perpustakaan. Kata kunci yang digunakan dalam proses penelusuran antara lain “pengertian darah”, “komponen darah”, “fungsi darah”, “leukosit dan sistem imun”, “trombosit dan hemostasis”, serta “gangguan plasma darah”.

Penelitian ini dirancang dalam melakukan literatur review atau kajian kepustakaan dengan menelusuri dan menelaah berbagai sumber ilmiah yang berkaitan dengan topik Darah. Setelah mendapatkan artikel, Peneliti membaca dan menganalisis isi dari setiap jurnal untuk menemukan kesamaan dan perbedaan serta temuan yang terkait dengan subjek penelitian selanjutnya. Data yang dikumpulkan dianalisis secara kualitatif hal ini dilakukan dengan menguraikan hasil penelitian sebelumnya untuk menunjukkan sejauh mana Komprehensif darah. Tahapan analisis dilakukan dengan mengekstraksi data penting dari setiap literatur, kemudian mengelompokkan informasi berdasarkan tema sehingga lebih mudah untuk dibandingkan dan disintesis.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Identifikasi yang peneliti lakukan dari berbagai sumber. Hasil Penelitian yang direview menunjukkan bahwa darah merupakan jaringan cair yang memiliki peranan fundamental dalam menjaga homeostasis tubuh. Secara fisiologis, darah berfungsi mengangkut oksigen, nutrisi, hormon, serta zat sisa metabolisme, sekaligus berperan dalam regulasi suhu, pH, dan mekanisme perlindungan imun terhadap patogen. Sebagaimana dijelaskan, darah tersusun atas dua komponen utama, yaitu plasma darah dan elemen seluler yang terdiri dari eritrosit, leukosit, dan trombosit. Plasma sebagai bagian cair membawa berbagai protein penting seperti albumin, globulin, dan fibrinogen, yang masing-masing berperan dalam transportasi, sistem imun, maupun proses koagulasi. Komponen seluler menunjukkan diferensiasi fungsi yang spesifik: eritrosit bertanggung jawab mengangkut oksigen dan CO₂, leukosit menjalankan fungsi proteksi, dan trombosit berperan dalam hemostasis melalui pembentukan sumbat keping darah serta aktivasi fibrin. Pada sejumlah penelitian yang dilakukan di beberapa Lokasi di Indonesia, menunjukkan distribusi jenis golongan darah bervariasi di tiap Lokasi. Pemeriksaan golongan darah oleh Putri et al. (2024) yang dilakukan di Lampung Selatan pada 236 orang remaja yang belum mengetahui golongan darahnya dalam kegiatan Jumbara Nasional didapatkan golongan darah O sebanyak 87 orang (36,9%), golongan darah A sebanyak 72 orang (30,5%), golongan darah B sebanyak 64 orang (27,1%), dan golongan darah AB sebanyak 13 orang (5,5%).

3.1 Komponen Darah dan Karakteristiknya

Darah merupakan komponen pada makhluk hidup yang bekerja sebagai pengangkut oksigen dari paru paru ke jaringan dan karbondioksida dari jaringan paru paru yang kemudian dikeluarkan, mengangkat zat nutrisi dari saluran cerna ke jaringan yang membawa sisa metabolisme yang melalui organ sekresi berupa ginjal, adapun struktur darah yaitu Plasma dan serum darah. Plasma darah merupakan cairan 55% yang memiliki bagian besar dari air 95%, protein 7%, nutrisi 1%. Plasma darah memiliki beberapa sel darah, lempengan darah, albumin serta gamma globulin yang memiliki manfaat pada pertahanan tekanan osmotik koloid, adapun gamma globulin memiliki khasiat antibodi contohnya IgM, IgG, IgA, IgD, IgE guna mempertahankan tubuh pada mikroorganisme, plasma memiliki beberapa zat atau faktor seperti komplemen, pembeku darah, haptoglobin, transferin, feritin, seruloplasmin, kinina, enzim, polipeptida, glukosa, asam amino, hormon, dan vitamin. Plasma darah juga memiliki bagian cair darah yang tidak memiliki kandungan sel darah, namun memiliki kandungan faktor

pembekuan darah. Adapun perolehan plasma melalui cara dengan memutuskan sel darah dari darah whole blood, dengan cara sentrifugasi. Bentuk dari plasma mempunyai beberapa prosedur faktor pembekuan yang berbeda, dan memiliki kesesuaian. Serum merupakan bagian cairan pada darah yang tidak memiliki kandungan sel darah faktor pembekuan darah, adapun protein koagulasi dan protein yang lain tidak memiliki ikatan dengan hemostasis.

Darah bekerja pada alat untuk mengangkut serta mengambil oksigen dari paru paru agar dapat mengedarkan ke semua aringan tubuh, mengangkat karbondioksida yang melalui jaringan agar dapat keluar dari paru paru, membawa zat makanan dari usus halus yang nantinya akan disebarkan dan dibagikan ke semua jaringan tubuh, selain itu juga zat zat yang tidak berguna akan dikeluarkan yang melalui kulit dan ginjal guna untuk mempertahankan tubuh dalam menghadapi serangan penyakit, dan penyebaran panas ke seluruh tubuh. Adapun darah memiliki jaringan yang memuat plasma darah (cairan interselular 55%) dimana terdapat sel darah didalamnya yaitu dengan unsur padat 45%. Keseluruhan dalam volume darah sekitar 1/12 dari berat badan, sedangkan menurut fisiologis volume darah yang tetap (homeostatik) akan dikerjakan oleh tekanan osmotik koloid dari protein pada plasma dan jaringan.

Sel darah memiliki tiga bagian yaitu sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit. Sel darah merah atau eritrosit merupakan sel yang paling banyak memiliki kandungan senyawa warna merah yaitu hemoglobin, sel tersebut dapat dilihat melalui mikroskop pada sediaan hapusan darah, yang memiliki kriteria bentuk bulat bikonkaf tidak berinti, kurang lebih 45% sel darah merah ang terdiri dari eritrosit 44%, sisanya 1% yang terdiri dari leukosit atau sel darah putih dan trombosit, adapun sel darah merah bekerja untuk mengikat dan mengangkat oksigen dari paru paru kemudian disebarkan kedalam keseluruhan sel di berbagai jaringan tubuh. Jumlah sel darah merah pada pria dewasa mencapai 5 juta sel /cc darah, dan sel yang dimiliki wanita sekitar 4 juta sel/cc darah. Faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan dan penurunan jumlah sel darah merah pada seseorang dapat terjadi karena orang tersebut menderita anemia atau hemokonsentrasi. Faktor yang dapat mempengaruhi jumlah sel darah merah yaitu keadaan fisiologis spesies, perubahan rata-rata pembentukan atau disintegrasi sel darah, penyakit seperti anemia, dan jenis kelamin. produksi sel darah merah diproses oleh hormon eritropoitin yang asalnya dari ginjal, dan sel darah merah yang berkembang pada sumsum tulang disebut dengan eritroblas yang mempunyai inti. Inti sel darah merah akan mengeras seiring dengan maturasi dan akan dikeluarkan sebelum sel darah merah memasuki dengan sirkulasi darah.

Serum dan plasma memiliki bahan yang berbeda. Cairan ekstraseluler ini dipisahkan dari bagian darah lainnya untuk membentuk plasma darah. Prinsip pemisahan bergantung pada perbedaan berat molekul yang dihasilkan oleh sentrifugasi. Setelah proses sentrifugasi selesai, plasma darah akan ditemukan di bagian paling atas. Ini dapat digunakan untuk keperluan diagnostik medis seperti analisis kanker, sepsis, atau penyakit Alzheimer. Plasma darah dan serum darah biasanya dikenal. Plasma darah dibuat tanpa menghilangkan zat pembekuan darah, fibrinogen, dari komponennya, sedangkan serum dibuat dengan menggumpalkan fibrinogen secara alami, lalu terpisah dari cairan ekstraselulernya. Untuk mencegah penggumpalan darah, zat anti-koagulan seperti Etylenediamine Tetraacetic Acid (EDTA) biasanya digunakan saat pemisahan plasma darah. Setelah teraktivasi oleh trombin, polimerasi monomer benang fibrin yang terbentuk dari fibrinogen akan terhambat oleh pengikatan ion Ca²⁺. Ion kalsium berfungsi sebagai kofaktor protein trombin untuk mengaktivasi fibrinogen menjadi fibrin.

Plasma darah dibuat tanpa menghilangkan zat pembekuan darah, fibrinogen, dari komponennya, sedangkan serum dibuat dengan menggumpalkan fibrinogen secara alami, lalu terpisah dari cairan ekstraselulernya. Untuk mencegah penggumpalan darah, zat anti-koagulan seperti Etylenediamine Tetraacetic Acid (EDTA) biasanya digunakan saat pemisahan plasma darah. Setelah teraktivasi oleh trombin, polimerasi monomer benang fibrin yang terbentuk dari fibrinogen akan terhambat oleh pengikatan ion Ca²⁺. Ion kalsium berfungsi sebagai kofaktor protein trombin untuk mengaktivasi fibrinogen menjadi fibrin. Selain itu, plasma darah adalah cairan yang membawa panas dari respirasi seluler yang dilakukan oleh sel atau jaringan. Pemecahan nutrisi, yang terdiri dari karbohidrat (molekul yang menyimpan energi dalam ikatan kimianya), terjadi dalam impana respirasi seluler. Karbohidrat ini kemudian dikonsumsi untuk menghasilkan energi kimia dalam bentuk ATP di organel mitokondria.

Eritrosit atau sel darah merah berbentuk bikonkaf, tidak berinti, kaya hemoglobin, dan mampu membawa oksigen hingga 20 mL per 100 mL darah. Hemoglobin tidak hanya berperan sebagai pengikat oksigen tetapi juga mengangkut sebagian CO₂ dalam bentuk karbaminohemoglobin. Leukosit berperan dalam proses imun melalui fagositosis dan pembentukan antibodi, sementara trombosit merupakan fragmen megakariosit yang bekerja pada mekanisme pembekuan darah. Penjelasan mengenai trombosit juga ditegaskan dalam materi sistem peredaran darah, di mana trombosit memiliki usia hidup 8–10 hari dan memicu pembentukan trombokinase untuk memulai proses pembekuan. Selain itu, karakteristik fisik darah menunjukkan keunikan tersendiri: viskositas lebih tinggi daripada air, suhu rata-rata 38°C, serta pH sedikit basa (7,35–7,45). Volume darah juga bervariasi berdasarkan jenis kelamin dan ukuran tubuh, berkisar 4–6 liter pada orang dewasa. plasma darah mengandung molekul yang dikenal sebagai antibodi. Setiap antibodi memiliki sifat yang sangat spesifik, sehingga hanya dapat berikatan dengan antigen tertentu. Ketika antibodi dalam plasma berikatan dengan antigen di permukaan sel darah merah, akan terbentuk jembatan molekuler antar eritrosit. Hal ini menyebabkan proses penggumpalan atau aglutinasi. Selain itu, interaksi antara antigen dan antibodi juga dapat memicu hemolisis, yaitu pecahnya sel darah merah.

Penggolongan Darah dan Signifikansinya dalam Dunia Medis Sistem penggolongan darah yang paling penting dalam dunia medis adalah sistem ABO dan Rhesus (Rh). Antigen A dan B merupakan antigen permukaan eritrosit yang membedakan individu menjadi golongan A, B, AB, dan O. Antibodi plasma yang spesifik terhadap antigen tertentu menjadi dasar reaksi aglutinasi yang sangat penting dalam praktik transfusi darah. Ketidaksesuaian antigen–antibodi dapat memicu reaksi transfusi yang berbahaya. Dalam sistem Rh, keberadaan antigen D menentukan status Rh⁺ atau Rh⁻, dengan risiko pembentukan antibodi anti-Rh pada individu Rh⁻ jika menerima darah Rh⁺. Antigen pada eritrosit telah dikelompokkan ke dalam

berbagai sistem golongan darah, dan hingga saat ini lebih dari 35 jenis sistem telah diidentifikasi, meskipun sebagian bersifat jarang. Namun, dalam praktik medis terutama transfusi darah, sistem yang paling utama adalah ABO dan Rh. Selain itu, terdapat sistem golongan lain seperti Lewis, Duffy, MNSs, Kidd, Kell, serta Lutheran. Pemeriksaan golongan darah sistem ABO menggunakan reagen antisera. Pada prinsipnya, antigen yang direaksikan dengan antibodi yang sama akan menyebabkan aglutinasi atau penggumpalan. Penentuan golongan darah ABO umumnya dengan menggunakan metode slide. Metode slide merupakan salah satu metode yang sederhana, cepat dan mudah untuk pemeriksaan golongan darah. Metode slide didasarkan pada prinsip reaksi antara agglutinojen pada permukaan eritrosit dengan aglutinin yang terdapat dalam serum/plasma yang membentuk aglutinasi atau gumpalan.

Jantung bersama dengan pembuluh darah membentuk sistem kardiovaskular. Jantung bertugas memompa darah melalui jaringan pembuluh yang tertutup. Arteri membawa darah keluar dari jantung menuju kapiler di jaringan, sedangkan vena mengembalikan darah dari jaringan tubuh kembali ke jantung. Dalam skema sirkulasi, pembuluh berwarna biru menunjukkan darah dengan kadar oksigen rendah, sedangkan pembuluh merah menunjukkan darah kaya oksigen. Jantung merupakan organ otot yang sangat kuat karena harus menghasilkan tekanan untuk mengalirkan darah ke seluruh tubuh. Rata-rata jantung berdetak sekitar 72 kali per menit tanpa berhenti atau mengalami kelelahan. Untuk membandingkannya, cobalah mengepalkan dan membuka genggaman tangan 70 kali dalam satu menit—kemungkinan besar tangan akan cepat terasa lelah. Namun, jantung sehat tidak mengalami kelelahan meskipun harus bekerja terus-menerus. Dalam satu hari, jantung berdetak lebih dari 100.000 kali, atau mencapai sekitar 2 miliar kali sepanjang hidup. Jumlah darah yang dipompa pun sangat besar, yaitu sekitar 5 liter setiap menit, atau lebih dari 9.400 liter per hari.

3.2 Hematopoiesis dan Dasar Terjadinya Gangguan Hematologis

Proses pembentukan sel darah (hematopoiesis) berlangsung di sumsum tulang dan dimulai dari sel punca hematopoietik. Diferensiasi sel punca mieloid menghasilkan eritrosit, trombosit, dan granulosit, sementara sel punca limfoid menghasilkan limfosit. Gangguan pada proses diferensiasi ini dapat menyebabkan penyakit hematologis. Contohnya, proliferasi berlebihan myeloblast yang gagal matang menyebabkan Acute Myeloid Leukemia (AML), di mana sumsum tulang dipenuhi sel blast yang menekan produksi sel darah normal, mengakibatkan anemia, trombositopenia, dan penurunan imunitas. Paparan materi leukimia menunjukkan bahwa leukemia merupakan kanker darah akibat produksi abnormal sel darah putih yang tidak matang. Penyakit ini dibedakan berdasarkan kecepatan perkembangan (akut atau kronik) dan asal sel (mieloid atau limfoid). Empat tipe leukemia utama adalah AML, ALL, CML, dan CLL. AML sendiri memiliki klasifikasi WHO berdasarkan kelainan genetik, perubahan mielodisplastik, riwayat terapi, serta manifestasi ekstrameduler seperti sarkoma mieloid. Pengetahuan mengenai jenis dan klasifikasi leukemia menjadi penting dalam menentukan diagnosis, terapi, serta prediksi prognosis pasien.

Leukemia merupakan jenis penyakit darah berbahaya yang memiliki kompleksitas dan variasi, yang dimulai di sumsum tulang dan memengaruhi cara pembentukan serta fungsi sel darah. Penyakit ini terbagi menjadi empat tipe utama: leukemia limfoblastik akut (LLA), leukemia mieloid akut (LMA), leukemia limfositik kronik (LLK), dan leukemia mieloid kronik (LMK), yang masing-masing memiliki karakteristik molekuler dan klinis yang unik. Ciri khas dari penyakit ini adalah pertumbuhan sel darah putih yang abnormal secara berlebihan, yang dapat mengganggu sistem pertahanan tubuh dalam melawan infeksi serta menyebabkan anemia, perdarahan, dan masalah kesehatan lainnya. MikroRNA (miRNA) adalah sejenis RNA non-koding yang memiliki panjang sekitar 22 nukleotida dan berfungsi penting dalam mengatur ekspresi gen, sehingga perannya sangat relevan dalam berbagai penyakit, termasuk kanker. Leukemia adalah jenis kanker darah yang ditandai dengan proliferasi sel darah putih yang tidak terkontrol di sumsum tulang. Perubahan dalam ekspresi miRNA pada penyakit ini berkaitan dengan kemajuan dan prognosa kondisi tersebut.

Leukemia merupakan jenis kanker pada manusia yang bersumber dari sel progenitor hematopoietik dan ditandai dengan perubahan besar dalam lingkungan mikro imun. Setelah terjadi transformasi, sel-sel leukemia mendapatkan kemampuan untuk menghindari deteksi oleh sistem imun, namun meskipun ada perubahan genetik dan epigenetik, mereka masih menunjukkan karakteristik imun imatur. Karena faktor ini dan beberapa faktor lainnya, leukemia sering kali sulit diobati dengan terapi imun. Leukemia ini menunjukkan variasi dalam ekspresi genetik yang dipertahankan melalui interaksi antara KMT2A dan menin. Pasien yang menderita leukemia akut, baik yang bersifat mieloid maupun limfoid, biasanya menunjukkan kelainan sitogenetik dan molekuler yang berulang, menyebabkan terjadinya hambatan dalam diferensiasi hematopoietik, ditandai dengan keberlanjutan dan pertumbuhan sel-sel leukemia. KMT2A merupakan sebuah kompleks protein besar yang berfungsi dalam perubahan kromatin. Dalam sel-sel hematopoietik yang normal, protein ini membantu menjaga ekspresi yang tepat dari sejumlah gen homeobox (HOX) melalui hubungannya dengan promotornya.

Gen HOX, terutama yang berasal dari kelompok HOXA, berperan sebagai faktor transkripsi utama yang mengatur spesifikasi jaringan untuk proses morfogenesis dan diferensiasi sel. Selain itu, telah dibuktikan bahwa jika gen ini diekspresikan secara berlebihan pada model tikus, hal itu dapat menyebabkan terhambatnya diferensiasi dan meningkatkan proliferasi sel. KMT2A yang mengalami perubahan, tanpa peduli jenis pasangan fusi yang ditemukan, terkait dengan peningkatan pengaturan beberapa gen HOXA serta ko-faktornya, MEIS1. Karena itu, kerusakan dan fusi pada kromosom di lokus 11q23 menghasilkan ekspresi genetik yang serupa, yang berkontribusi pada terjadinya leukemia. Beruntungnya, hal ini dapat menyederhanakan pendekatan terapi untuk leukemia KMT2A-r, karena hanya menuntut fokus pada satu jalur tanpa perlu menangani beberapa jalur sekaligus. Leukemia mieloid akut (LMA) adalah jenis leukemia akut yang paling sering terjadi pada orang dewasa dengan tingkat kelangsungan hidup yang rendah (tingkat kelangsungan hidup 5 tahun = 24%).

AML termasuk dalam kategori neoplasia hematologi yang beragam, yang ditandai dengan pertumbuhan klonal abnormal dari sel progenitor yang berhubungan dengan myeloid, serta dihentikannya proses diferensiasi. Leukemia akut yang terkait dengan rekombinasi histone-lysine-N-methyltransferase (KMT2A-r), yang biasanya dikenal sebagai leukemia garis keturunan campuran (MLL), merupakan salah satu subtype leukemia akut yang diidentifikasi dengan adanya kelainan genetik pada gen KMT2A (sering juga disebut ALL-1, HRX, atau HTRX). Pada individu, baik anak-anak maupun dewasa, kondisi ini telah ditemukan memiliki prognosis yang buruk. Rekombinasi genetik yang khas terjadi dalam leukemia akut KMT2A-r, yang paling sering ditunjukkan dengan terjadinya translokasi t(4;11)(q21;q23). Perubahan genetik ini menggabungkan gen KMT2A dengan gen lain, sering kali gen AF4, yang menghasilkan protein fusi yang merusak fungsi normal KMT2A. Kerusakan ini menyebabkan pertumbuhan sel yang tidak terkendali dan perkembangan leukemia. Terkait dengan dampak klinis dari kondisi ini, leukemia akut KMT2A-r sering kali berhubungan dengan hasil klinis yang kurang memuaskan. Orang-orang yang memiliki subtype ini cenderung mengalami perjalanan penyakit yang lebih agresif serta risiko kambuh yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis leukemia lainnya. Jenis leukemia ini lebih sering terjadi pada bayi dan anak-anak yang masih sangat muda, mencakup sebagian besar kasus leukemia pada bayi. Kelainan genetik ini lebih jarang ditemui pada orang dewasa tetapi tetap memberikan tantangan dalam pengobatannya.

3.3 Sistem Peredaran Darah sebagai Konteks Fungsional Komponen Darah

Materi yang membahas sistem peredaran darah menjelaskan peran darah sebagai bagian integral dari transportasi internal tubuh. Interaksi antara jantung, pembuluh darah, dan darah memungkinkan distribusi zat esensial dan pembuangan zat sisa metabolisme. Pembelajaran mengenai komponen darah sering kali dianggap sulit oleh peserta didik sehingga diperlukan media pembelajaran inovatif, seperti alat peraga “Aliran Darahku” yang terbukti meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam memahami materi peredaran darah. Hal ini menggambarkan bahwa pemahaman mengenai darah tidak hanya penting pada ranah klinis tetapi juga pada ranah edukatif.

Pemecahan nutrisi, yang terdiri dari karbohidrat (molekul yang menyimpan energi dalam ikatan kimianya), terjadi selama respirasi seluler. Karbohidrat ini kemudian dikonsumsi untuk menghasilkan energi kimia dalam bentuk ATP di organel mitokondria. Dalam hukum termodinamika, perubahan bentuk reaksi akan menghasilkan energi entalpi untuk menjaga kesetimbangan reaksi; dalam hal ini, ini adalah energi panas. Karena aliran plasma terus bersirkulasi di dalam tubuh, pembuluh darah yang melewati organ di mana jaringan atau sel-selnya melakukan respirasi seluler membawa energi panas dalam alirannya. Akibatnya, suhu tubuh tetap stabil.

Darah memiliki peran sangat penting bagi keberlangsungan hidup dan dapat memberikan informasi mengenai kondisi kesehatan seseorang. Darah termasuk jaringan ikat yang terdiri atas sel-sel darah—eritrosit, leukosit, dan trombosit—yang berada dalam cairan plasma. Sekitar 8% dari berat tubuh manusia merupakan darah. Aliran darah yang terus bergerak dalam pembuluh menyebabkan komponen seluler tersebar secara merata di dalam plasma. Secara umum, pembahasan mengenai darah mencakup fungsi, komposisi (plasma dan sel darah), mekanisme pembekuan, golongan darah, serta gangguan yang dapat terjadi pada sistem darah.

Darah menjadi sistem transportasi utama dalam tubuh untuk membawa gas, nutrisi, dan sisa metabolisme. Oksigen dari paru-paru dibawa menuju jaringan tubuh, sedangkan karbon dioksida hasil metabolisme sel dikembalikan ke paru-paru untuk dikeluarkan melalui proses ekshalasi. Selain itu, darah mengangkut zat sisa seperti kelebihan nitrogen ke ginjal untuk dikeluarkan, serta membawa nutrisi dari sistem pencernaan menuju sel-sel tubuh. Hormon yang diproduksi berbagai organ juga didistribusikan melalui darah menuju organ target. Beberapa senyawa yang diproduksi di satu lokasi tubuh juga dibawa untuk dimodifikasi di lokasi lain, misalnya prekursor vitamin D dari kulit dibawa ke hati, lalu ke ginjal untuk diubah menjadi bentuk aktif sebelum dikirim ke usus kecil untuk membantu penyerapan kalsium. Darah juga mengangkut asam laktat hasil respirasi anaerob di otot menuju hati untuk dikonversi menjadi glukosa. Darah berperan dalam melindungi tubuh dari infeksi dan mencegah kehilangan darah berlebihan. Sel darah putih melawan patogen melalui fagositosis atau dengan menghasilkan antibodi. Antibodi akan berikatan dengan mikroorganisme tertentu sehingga dapat dinonaktifkan dan dihancurkan. Selain itu, proses pembekuan darah melibatkan trombosit dan protein seperti trombin dan fibrinogen sebagai respons terhadap luka. Mekanisme ini sangat penting karena tanpa pembekuan, kehilangan darah akibat cedera kecil pun dapat membahayakan.

Kekurangan oksigen akibat penurunan sel darah merah, pendarahan yang parah akibat kekurangan trombosit, dan ketidakcukupan sel darah putih yang alami dalam melawan infeksi adalah beberapa dampak yang muncul. Berbagai elemen seperti angiogenesis dan faktor angiogenik dapat memicu peningkatan jumlah sel darah putih yang berlebihan. Leukemia akut dengan asal usul yang tidak jelas (ALAL) meliputi jenis leukemia yang beragam secara biologis dan tidak dapat menunjukkan keterikatan yang jelas pada garis keturunan myeloid, limfoid B, atau limfoid T, atau menunjukkan indikasi keterikatan pada lebih dari satu garis keturunan. Kasus yang termasuk dalam kelompok pertama disebut sebagai leukemia akut yang tidak terdefinisi (AUL), sedangkan yang dalam kelompok terakhir dikenal sebagai leukemia akut dengan fenotipe campuran (MPAL)

4. Kesimpulan

Sistem peredaran darah memiliki peran yang sangat penting dalam mempertahankan homeostasis tubuh melalui fungsi transportasi, regulasi, dan proteksi. Komponen darah bekerja secara sinergis, namun rentan terganggu oleh kelainan genetik, gangguan produksi sel darah, maupun penyakit hematologis seperti anemia, hemofilia, thalassemia, serta leukemia. Kelainan-kelainan tersebut berdampak langsung pada kemampuan darah menjalankan fungsinya, termasuk pengangkutan oksigen, pertahanan tubuh, dan pembekuan darah. Dengan demikian, pemahaman mendalam tentang struktur darah, proses pembentukan sel darah, golongan darah, dan berbagai kelainan hematologis sangat penting untuk pendidikan biologi dan peningkatan kesadaran masyarakat.

Referensi

1. Al Faroby, M. H. Z., & Fauzi, M. D. (2025). Sistem Pendukung Keputusan untuk Identifikasi Protein Kunci pada Kanker Darah: Integrasi MCDM, KMeans, dan Topologi Jaringan. *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, 6(1), 7–12. <https://doi.org/10.31294/reputasi.v6i1.8959>.
2. Bahar, M., Yurman, Hepiyansori, Hayati, I., Suryani, L., Puspitasari, S., Juniarti, R., & Dewa, B. P. (2024). Penyuluhan Pentingnya Manfaat Pemeriksaan Golongan Darah di Panti Asuhan Bintang Terampil Kota Bengkulu *Counselling on the Importance and Benefits of Blood Group Testing at Bintang Bintang Skilled Orphanage Bengkulu City*. *Jurnal Sapta Mengabdikan*, 4(1), 1–4.
3. Kinanti, F. M., & Anas, N. (2024). Efektivitas Penggunaan Alat Peraga “Aliran Darahku” Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Materi Sistem Peredaran Darah. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 22(1), 87–101. <https://doi.org/10.31571/edukasi.v22i1.7315>
4. Nahombang, Z. (2025). Pengembangan Teknologi 3d Augmented Reality Sebagai Media Visual Sistem Peredaran Darah Berbasis Wahdatul Ulum Beragam bentuk media bisa dimanfaatkan dalam kegiatan pembelajaran . Salah yang berfungsi menggabungkan benda maya berbentuk baik 2D maupun 3D y. 13(3), 2021–2033.
5. Ningrum, K. D., Utomo, E., Marini, A., & Setiawan, B. (2022). Media Komik Elektronik Terintegrasi Augmented Reality dalam Pembelajaran Sistem Peredaran Darah Manusia di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(1), 1297–1310. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i1.2289>
6. Pramesti, E. D., Dhevi, N. M. S. G., Hudhori, S., Salsabila, E. Z., Asrianting, I., & Anggoro, J. (2025). Literature Study: Acute Myeloid Leukimia (AML). *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4), 4800–4809. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i4.10082>
7. Setiadi, H. (2020). Sistem Peredaran Darah Pengayaan Materi. *Sistem Peredaran Darah*, 1, 36.
8. Setiawan, H. (2024). Struktur Fungsi Darah, Kelenjar Limfa dan Imunitas. *Struktur Dan Fungsi Darah, Kelenjar Getah Bening*
9. Collins, S. P., Storrow, A., Liu, D., Jenkins, C. A., Miller, K. F., Kampe, C., & Butler, J. (2021). *No Title 濟無No Title No Title No Title*. 167–186.
10. Lentera Afrida Kusumawardani, & Reinaldi Angga Ardhana. (2025). Perbedaan Kejadian Hemolisis antara Lama Penyimpanan Komponen Darah Packed Red Cell (PRC) dengan Whole Blood (WB) di UTD PMI Surabaya. *Jurnal Medika Nusantara*, 3(1), 61–69. <https://doi.org/10.59680/medika.v3i1.1623>
11. Maisyarah Buliani, I., Mustakim, A., Sersan Muslim No, J. R., Jambi Selatan, kec, & Jambi, K. (2020). *Jurnal Cakrawala Pendidikan dan Biologi Volume. 2, Nomor. 1, Tahun. 2025*, 64–73.
12. Olla, P. K., Wahyudi, B., Alfian, M. N., Rahayuningtyas, D., & Rofi'i, M. (2025). Perancangan Dan Pembuatan Plasma Blood Separator Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 13(01), 125–138. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v13i01.412>
13. Sutantie, N. A., Que, B. J., Muyani, Y., Taihuttu, J., Noya, F. C., Bianca, L., Huwae, S., Rahawarin, H., Irene, E., & Lekatompessy, J. C. (2025). Pemeriksaan Golongan Darah Sistem Abo-Rhesus Pada. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 9–17.
14. Syaravicena, D., Jayanthi, S., Ramadila, A., Sapitri, S. N., Annisa, V., & Mentiasari, C. S. (2023). Identifikasi Golongan Darah Mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Samudra. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 499–504.
15. Tuntun, M. S., Biomed Sri Ujjani, M., Biomed Azhari Muslim, M., & Kes, M. (2024). *Buku Ajar Sitologi Darah Penerbit Cv.Eureka Media Aksara*.