



FUTURE SCIENCE

Editor : Arshy Prodyanatasari, M.Pd., C.Ed.

DASAR-DASAR HEMATOLOGI MEMAHAMI ILMU DARAH

Penulis :

Resti Ariani | Eva Rachmi | Filda Vionita Irene de Lima
Salma Nadiyah | Farida Fakhrunnisa | Daniel Alfarado
Suci Rayan Sari | Dian Nurmansyah | Nita Ermawati
Desantika Wuryana | Resmi Aini

Bunga Rampai

**Dasar-Dasar Hematologi:
Memahami Ilmu Darah**

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Dasar-Dasar Hematologi: Memahami Ilmu Darah

Penulis:

Resti Ariani
Eva Rachmi
Filda Vionita Irene de Lima
Salma Nadiyah
Farida Fakhrunnisa
Daniel Alfarado
Suci Rayan Sari
Dian Nurmansyah
Nita Ermawati
Desantika Wuryana
Resmi Aini

Editor:

Arshy Prodyanatasari, M.Pd., C.Ed.



DASAR-DASAR HEMATOLOGI: MEMAHAMI ILMU DARAH

Penulis:

**Resti Ariani
Eva Rachmi
Filda Vionita Irene de Lima
Salma Nadiyah
Farida Fakhrunnisa
Daniel Alfarado
Suci Rayan Sari
Dian Nurmansyah
Nita Ermawati
Desantika Wuryana
Resmi Aini**

Editor: Arshy Prodyanatasari, M.Pd., C.Ed.

Desain Cover: Nada Kurnia, S.I.Kom.

Tata Letak: Samuel, S.Kom.

Ukuran: A5 Unesco (15,5 x 23 cm)

Halaman: xii, 215

e-ISBN: 978-634-7037-73-2

Terbit Pada: Februari 2025

Hak Cipta 2025, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2025 by Future Science Publisher

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT FUTURE SCIENCE
(CV. FUTURE SCIENCE)**

Anggota IKAPI (348/JTI/2022)

Jl. Terusan Surabaya Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005, Kel. Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota
Malang, Provinsi Jawa Timur.
www.futuresciencepress.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul **Dasar-Dasar Hematologi: Memahami Ilmu Darah** ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai referensi utama untuk memahami konsep dasar ilmu hematologi, yang merupakan cabang ilmu kedokteran yang mempelajari darah, organ pembentuk darah, serta berbagai penyakit yang berhubungan dengannya.

Hematologi adalah cabang ilmu kedokteran yang mempelajari darah, organ pembentuk darah, dan kelainan yang terkait dengannya. Dasar-dasar hematologi mencakup pemahaman tentang komponen darah, seperti sel darah merah, sel darah putih, trombosit, dan plasma, serta fungsi masing-masing dalam menjaga keseimbangan tubuh. Proses pembentukan darah (hematopoiesis) di sumsum tulang menjadi salah satu fokus utama, termasuk regulasi dan gangguannya. Hematologi juga melibatkan identifikasi dan penanganan berbagai kelainan, seperti anemia, leukimia, gangguan koagulasi, dan penyakit hemoglobinopati. Selain itu, perkembangan teknologi modern, seperti terapi gen, rekayasa sel, dan teknik diagnostik mutakhir, telah memperluas cakupan hematologi, baik dalam penelitian maupun aplikasi klinis. Pemahaman dasar-dasar hematologi penting untuk mendukung diagnosis, pengelolaan, dan pengobatan penyakit darah secara efektif.

Materi dalam buku ini dirancang untuk memberikan pengetahuan dasar yang komprehensif, dimulai dari struktur dan fungsi darah, mekanisme pembentukan darah, hingga berbagai kondisi patologis seperti anemia, kelainan koagulasi, dan penyakit darah lainnya. Selain itu, buku ini juga mengupas perkembangan teknologi terkini dalam hematologi, termasuk terapi gen, pengobatan berbasis sel, dan inovasi diagnostik.

Kami berharap buku ini dapat menjadi panduan yang bermanfaat, baik bagi mahasiswa kedokteran, tenaga medis, maupun para peneliti yang ingin mendalami bidang hematologi. Dengan bahasa yang sederhana namun tetap ilmiah, buku ini diharapkan mampu menjembatani kebutuhan akademik dan praktis dalam memahami dan mengaplikasikan ilmu hematologi. Tidak lupa, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi kemajuan ilmu kedokteran, khususnya dalam bidang hematologi.

Malang, Desember 2024

Editor,

Arshy Prodyanatasari

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
BAB 1 DEFINISI DAN RUANG LINGKUP HEMATOLOGI	1
Resti Ariani	1
A. PENDAHULUAN	1
B. DEFINISI HEMATOLOGI	3
C. RUANG LINGKUP HEMATOLOGI	6
D. PERAN HEMATOLOGI KLINIK	9
E. HEMATOLOGI TRANSFUSIONAL	11
F. PENGEMBANGAN HEMATOLOGI DI ERA MODERN	13
G. KESIMPULAN.....	16
BAB 2 ANATOMI DAN FISILOGI DARAH	19
Eva Rachmi.....	19
A. PENDAHULUAN	19
B. KOMPOSISI DARAH.....	21
C. PLASMA DARAH	24
D. PROTEIN PLASMA	30
E. HEMOPOIESIS DAN ELIMINASI SEL DARAH.....	31
F. ORGAN HEMOPOIESIS DAN ELIMINASI DARAH.....	36
G. KESIMPULAN.....	41
BAB 3 PENGEMBANGAN SEL DARAH.....	45
Filda Vionita Irene de Lima.....	45

A.	PENDAHULUAN	45
B.	FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI HEMATOPOIESIS	49
C.	ERITROPOIESIS.....	51
D.	TROMBOPOIESIS	54
E.	GRANULOSITPOIESIS.....	55
F.	MONOSITPOIESIS	56
G.	LIMFOSITPOIESIS.....	57
H.	KESIMPULAN	58
BAB 4	SEL DARAH MERAH	61
	Salma Nadiyah	61
A.	PENDAHULUAN	61
B.	ERITROSIT	62
C.	HEMOGLOBIN	64
D.	PEMANFAATAN DAN KELAINAN ERITROSIT	66
E.	KESIMPULAN	69
BAB 5	TROMBOSIT DAN KOAGULASI.....	75
	Farida Fakhrunnisa.....	75
A.	PENDAHULUAN	75
B.	MEGAKARIOSITPOIESIS.....	75
C.	PLATELET / TROMBOSIT	77
D.	AKTIVASI PLATELET DAN PEMBENTUKAN SUMBATAN TROMBOSIT (PLATELET PLUG)	80
E.	PEMBEKUAN DARAH.....	82
F.	HEMOFILIA.....	89

G.	UJI LABORATORIUM TERKAIT TROMBOSIT DAN KOAGULASI DARAH	89
H.	KESIMPULAN.....	91
BAB 6	PEMERIKSAAN DARAH: METODE DAN TEKNIK.....	95
	Daniel Alfarado.....	95
A.	PENDAHULUAN	95
B.	JENIS-JENIS PEMERIKSAAN DARAH.....	96
C.	METODE PENGAMBILAN SAMPEL DARAH.....	110
D.	TEKNIK ANALISIS DARAH DI LABORATORIUM ...	113
E.	KESIMPULAN.....	120
BAB 7	ANEMIA: TIPE DAN PENYEBABNYA.....	123
	Suci Rayan Sari.....	123
A.	PENDAHULUAN	123
B.	KLASIFIKASI ANEMIA	124
C.	ANEMIA DEFISIENSI BESI.....	127
D.	ANEMIA AKIBAT PENYAKIT KRONIS.....	130
E.	ANEMIA SIDEROBLASTIK	131
F.	THALASEMIA (SICKLE CELL ANAEMIA)	133
G.	HEREDITARY HEMOCHROMATOSIS.....	134
H.	ANEMIA DEFISIENSI ASAM FOLAT DAN VITAMIN B 12	135
I.	SFEROSITOSIS HEREDITER	136
J.	DEFISIENSI DEHIDROGENASE GLUCOSE-6-PHOSPHAT (G6PD)	136
K.	DEFISIENSI PIRUVAT KINASE (PKD).....	137
L.	ANEMIA APLASTIK	137

M.	KESIMPULAN.....	139
BAB 8	GANGGUAN SEL DARAH PUTIH.....	143
	Dian Nurmansyah	143
A.	PENDAHULUAN	143
B.	PEMBENTUKAN DAN DESTRUKSI LEUKOSIT DI DALAM TUBUH	144
C.	LEUKEMIA.....	145
D.	LIMFOMA.....	150
E.	KESIMPULAN.....	156
BAB 9	TRANSFUSI DARAH.....	159
	Nita Ermawati	159
A.	PENDAHULUAN	159
B.	JENIS – JENIS DONOR DARAH	161
C.	PENETUAN GOLONGAN DARAH.....	164
D.	SYARAT DONOR DARAH DAN PROSEDUR.....	167
E.	RISIKO TRANSFUSI DARAH	171
F.	KESIMPULAN.....	172
BAB 10	PENYAKIT GENETIK DALAM HEMATOLOGI	175
	Desantika Wuryana	175
A.	PENDAHULUAN	175
B.	DEFINISI TALASEMIA.....	177
C.	JENIS-JENIS TALASEMIA	178
D.	PATOFISIOLOGI TALASEMIA.....	179
E.	MANIFESTASI KLINIK TALASEMIA	181
F.	PEMERIKSAAN DAN EVALUASI TALASEMIA.....	183
G.	MANAGEMEN TERAPI	185

H.	DEFINISI SEL SABIT	185
I.	PATOFISIOLOGI ANEMIA SEL SABIT	186
J.	MANIFESTASI KLINIK DAN KOMPLIKASI ANEMIA SEL SABIT	188
K.	MANAGEMEN TERAPI	190
L.	PERKEMBANGAN OBAT BARU	193
M.	KESIMPULAN.....	193
BAB 11	INOVASI DAN PENELITIAN TERKINI DALAM ILMU DARAH	197
	Resmi Aini	197
A.	PENDAHULUAN	197
B.	PENINGKATAN EFISIENSI DIAGNOSTIK DAN PENGobatan	198
C.	PENYEDIAAN ALTERNATIF DIAGNOSTIK YANG NYAMAN BAGI PASIEN.....	201
D.	KEMANDIRIAN DAN PENGHEMATAN BIAYA	204
E.	PENINGKATAN MANAJEMEN DATA UNTUK MENDUKUNG KEPUTUSAN KLINIS.....	207
F.	PENGEMBANGAN TERAPI GENETIK YANG REVOLUSIONER.....	210
G.	KESIMPULAN.....	213

BAB 1

DEFINISI DAN RUANG LINGKUP HEMATOLOGI

Resti Ariani
Politeknik Bina Trada, Semarang
E-mail: restiazain@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Hematologi merupakan cabang ilmu kedokteran yang mempelajari darah, komponen-komponennya, serta organ-organ yang berperan dalam pembentukan darah, seperti sumsum tulang, limpa, dan kelenjar getah bening. Selain itu, hematologi juga mencakup gangguan yang dapat memengaruhi fungsi dan struktur darah, baik yang bersifat bawaan maupun didapat. Beberapa gangguan hematologi yang umum ditemui antara lain anemia, leukemia, hemofilia, kelainan pembekuan darah, serta gangguan pada sel darah merah (eritrosit) dan sel darah putih (leukosit). Hematologi tidak hanya fokus pada aspek klinis, tetapi juga melibatkan penelitian dasar yang mendalam mengenai mekanisme pembentukan dan pengaturan sel darah, serta patofisiologi berbagai penyakit darah (Meyers *et al.*, 2020; Lupo *et al.*, 2021).

Pada awal kemunculannya di abad ke-19, hematologi berfokus pada pemahaman dasar mengenai komposisi darah dan bagaimana kelainan darah dapat terdeteksi. Namun, dengan kemajuan pesat dalam teknologi medis dan ilmiah, hematologi kini telah berevolusi menjadi bidang yang sangat luas dan dinamis. Penggunaan teknologi canggih, seperti mikroskop elektron, analisis molekuler, serta tes genetik, kini memungkinkan deteksi dini dan akurat dari kelainan darah yang sebelumnya sulit terdiagnosis. Hal ini mempercepat proses

diagnosis dan memungkinkan pengobatan yang lebih tepat dan personal bagi pasien (Sung *et al.*, 2019; Macey *et al.*, 2020).

Anemia adalah salah satu gangguan darah yang paling banyak ditemukan di seluruh dunia. Menurut laporan dari *World Health Organization* (WHO), lebih dari 1,6 miliar orang di dunia diperkirakan menderita anemia, dengan prevalensi yang lebih tinggi di negara-negara berkembang. Penyebab anemia sangat beragam, mulai dari kekurangan zat besi, defisiensi vitamin, hingga gangguan hematologi yang lebih kompleks. Keberhasilan pengobatan anemia sangat bergantung pada pemahaman yang mendalam mengenai penyebab dan patofisiologi penyakit tersebut (WHO, 2020).

Perkembangan besar lainnya dalam hematologi adalah pengobatan penyakit kanker darah, seperti leukemia. Teknologi pengeditan gen CRISPR telah membawa revolusi dalam pengobatan gangguan genetik darah, seperti talasemia dan anemia sel sabit. Teknik ini memungkinkan modifikasi DNA secara presisi pada tingkat seluler, menawarkan harapan baru bagi pasien yang sebelumnya sulit mendapatkan pengobatan yang efektif (Zhao *et al.*, 2021).

Selain itu, dalam bidang hematologi transfusional, kemajuan signifikan juga telah terjadi. Pengolahan darah dan komponennya, yang dulunya memiliki risiko tinggi terkait dengan ketidakcocokan dan kontaminasi, kini dapat dilakukan dengan lebih aman dan efisien berkat adanya teknologi modern yang memungkinkan pemrosesan darah secara lebih canggih dan presisi (Zhou *et al.*, 2022). Teknologi ini sangat penting dalam situasi medis yang membutuhkan transfusi darah dalam jumlah besar, seperti pada pasien dengan gangguan hematologi atau pasien yang menjalani prosedur pembedahan besar.

Di era modern, hematologi semakin menjadi bidang yang berkembang dengan pesat, dengan terapi-terapi baru yang semakin personal. Salah satu contoh inovasi terbesar adalah

DAFTAR PUSTAKA

- Hoffman, R., Benz, E.J., Shattil, S.J., *et al.*, 2018. *Hematology: Basic Principles and Practice*. 7th ed. Elsevier.
- Lichtman, M.A., Beutler, E., Kipps, T.J., *et al.*, 2016. *Williams Hematology*. 9th ed. McGraw-Hill Education.
- Lupo, P.J., Duncavage, E.J., & Law, C., 2021. *Current Applications of Genomic Testing in Hematology*. *American Journal of Hematology*, 96(7), pp.853-861.
- Macey, M., Mahadevan, D., & Doyle, M., 2020. *Advances in Hematologic Cancer Treatments: The Role of CAR-T Cell Therapy*. *Journal of Clinical Oncology*, 38(6), pp.651-657.
- Maude, S.L., Laetsch, T.W., Buechner, J., *et al.*, 2018. *Chimeric Antigen Receptor T Cells for Sustained Remissions in Leukemia*. *New England Journal of Medicine*, 371(16), pp.1507-1517.
- Meyers, R.C., Raza, A., & Gupta, S., 2020. *Hemoglobinopathies and Emerging Technologies for Disease Diagnosis*. *Journal of Hematology & Oncology*, 13(1), pp.1-10.
- Sung, A.D., *et al.*, 2019. *Immunotherapy for Hematologic Malignancies*. *Journal of Clinical Oncology*, 37(14), pp.1264-1273.
- World Health Organization (WHO), 2020. *Global Prevalence of Anemia in 2011: A Updated Reference for the Global Burden of Disease Study 2010*. Geneva: World Health Organization.
- Zhao, Y., Liu, Z., & Wang, Z., 2021. *CRISPR/Cas9 in Hematology: Advances and Challenges*. *Hematological Oncology*, 39(3), pp.327-338.
- Zhou, J., Zhang, X., & Chen, L., 2022. *Modern Advances in Hematology Transfusion Safety and Efficacy*. *Blood Transfusion*, 20(4), pp.325-332.

PROFIL PENULIS



Resti Ariani, S.Si., M.Biomed

Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi D-III Teknologi Bank Darah, Politeknik Bina Transfusi Darah, kampus vokasi kesehatan milik PMI Kota Semarang. Penulis lahir di Jepara, 10 Februari 1994. Penulis menempuh pendidikan jenjang akademik pada Program Studi S1 Biologi peminatan Bioteknologi di Universitas Negeri Semarang.

Kemudian penulis melanjutkan studi jenjang magister pada Program Studi S2 Ilmu Biomedis konsentrasi Patobiologi, Universitas Diponegoro. Saat ini, Penulis menjabat sebagai Kepala Program Studi D3 Teknologi Bank Darah. Penulis aktif melakukan penelitian di bidang Imunohematologi, melakukan pengabdian masyarakat, serta menulis beberapa buku. Buku yang telah ditulis dan terbit di antaranya: Ilmu Biomedik Dasar, Pelayanan Darah dan Manajemen Mutu Darah, Penyakit Gagal Ginjal Akut, dan Imunologi Klinik.

BAB 2

ANATOMI DAN FISILOGI DARAH

Eva Rachmi
Fakultas Kedokteran Universitas Mulawarman, Samarinda
E-mail: eva_rachmi@yahoo.com

A. PENDAHULUAN

Darah merupakan jaringan ikat berbentuk cair, yang diwadahi oleh sistem kardiovaskular. Darah adalah bagian terbesar dari cairan ekstraseluler. Darah memiliki karakteristik fisik yang khas yaitu:

1. Berwarna merah dan tidak bening akibat adanya pigmen hemoglobin dalam eritrosit. Darah arteri berwarna merah cerah dan darah vena merah gelap.
2. Volume darah pada dewasa berkisar 5-6 liter atau 8% berat badan atau 80 ml/kg berat badan.
3. Viskositas darah lima kali lebih kental dibanding air.
4. Berat jenis darah adalah 1.050 – 1.060. Berat jenis eritrosit lebih besar (1.090) dibanding plasma (1.030).
5. pH darah berkisar 7,38 – 7,42 (cenderung alkali). Pada asidosis, pH darah lebih rendah dari 7,38, dan pada alkalosis lebih tinggi dari 7,42 (Jaber *et al.*, 2001).

Darah memiliki fungsi yang sangat penting untuk menjaga homeostasis. Fungsi darah, yaitu:

1. **Fungsi nutritif:** Darah membawa zat makro- dan mikronutrien dari intestinum ke jaringan.
2. **Fungsi respiratorik:** Darah mengambil O₂ dari paru dan mengantarkannya ke jaringan. Darah juga mengambil CO₂ dari jaringan ke paru untuk dilepaskan bersama udara ekspirasi.

3. **Fungsi ekskretorik:** Darah mengangkut berbagai produk sampah metabolik (urea, asam urat, kreatinin, dan lain lain) ke organ ekskretorik yaitu ginjal, kulit, intestinum, dan paru.
4. **Fungsi transportasi:** Darah mendistribusikan berbagai hormon yang diproduksi kelenjar endokrin, enzim, dan antibodi ke jaringan target, untuk mengatur proses metabolik.
5. **Fungsi protektif:** Darah berperan penting dalam mekanisme pertahanan tubuh, terutama diperankan oleh leukosit. Darah juga berperan penting dalam pembekuan darah, sehingga mencegah kehilangan darah bila terjadi cedera pada pembuluh darah.
6. **Fungsi keseimbangan air, elektrolit, dan asam basa:** Unsur air dan elektrolit dalam darah dapat dipertukarkan dengan cairan interstitial, sehingga berperan menjaga keseimbangan air dan elektrolit. Plasma protein dan hemoglobin dalam darah berperan sebagai *buffer* dan menjaga keseimbangan pH cairan tubuh.
7. **Fungsi termoregulatorik:** Suhu spesifik darah relatif tinggi, sehingga dapat sebagai *buffer* bila mendadak terjadi perubahan suhu tubuh. Selain itu, darah merupakan konduktor panas yang baik, sehingga dapat memfasilitasi distribusi panas dari organ ke kulit dan paru untuk evaporasi ke lingkungan eksternal.
8. **Fungsi penyimpanan:** Darah merupakan penyimpanan berbagai zat yang siap pakai, misalnya glukosa, air, protein dan elektrolit, yang siap di gunakan pada kondisi darurat seperti kelaparan, kehilangan cairan dan elektrolit (Khurana, 2012).

limfosit yang disebut folikel limfoid, berisi limfosit B. Medulla terutama berisi *cord* limfosit B (sel plasma) dan beberapa limfosit (*medullary cord*), bersama folikel limfoid yang merupakan area *bursa-dependent* dari limfonodus). Di antara korteks dan medulla terdapat zona parakorteks berisi kumpulan limfosit T, yang bersifat *bursa-independent*. Fungsi limfonodi antara lain:

- a. Meningkatkan respon imun dalam tubuh. Pemrosesan antigen dan produksi antibodi terjadi dalam folikel limfoid;
- b. Limfonodi berperan memfilter cairan limfe, sebelum bergabung ke aliran darah. Penyaringan terutama dilakukan oleh sinus limfatik (99%) dan folikel limfonodi (1%) (Khurana, 2012; Mescher, 2018).

G. KESIMPULAN

Darah merupakan jaringan yang cair di dalam jantung dan vaskular. Darah terdiri dari elemen cairan plasma, dan elemen seluler yaitu eritrosit, leukosit, dan trombosit. Plasma terbentuk dari air, protein plasma, nutrisi, mineral, gas respirasi, dan produk sisa. Darah berperan menjaga homeostasis melalui fungsi transportasi nutrisi, gas, hormon, dan produk sisa. Darah juga mendukung pertahanan tubuh, termoregulasi, dan keseimbangan air, elektrolit, dan asam basa. Fungsi darah yang sangat penting menyebabkan hemopoiesis dan eliminasi darah diregulasi tubuh. Hemopoiesis terutama terjadi di sumsum tulang, tetapi organ limfoid terlibat dalam pematangan dan eliminasi sel darah.

DAFTAR PUSTAKA

Eroschenko, V. P. (1995). *Blood*. In D. Balado & V. R. Vaughn (Eds.), *di Fiore's Atlas of Histology with Functional Correlations* (8th ed., pp. 63–72). Williams & Wilkins.

- Fox, S. I. (2019). *Blood, Heart, and Circulation*. In K. Hart & J. Portz (Eds.), *Human Physiology* (pp. 404–449). McGraw-Hill Education. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_
- Giancotti, A., Monti, M., Nevi, L., Safarikia, S., D'Ambrosio, V., Brunelli, R., Pajno, C., Corno, S., Di Donato, V., Musella, A., Chiappetta, M. F., Bosco, D., Panici, P. B., Alvaro, D., & Cardinale, V. (2019). *Functions and the emerging role of the foetal liver into regenerative medicine*. *Cells*, 8(8), 1–19. <https://doi.org/10.3390/cells8080914>
- Hoffman, R., Benz, E. J., Silberstein, L. E., Heslop, H. E., Weitz, J. I., Anastasi, J., Salama, M. E., & Abutalib, S. A. (2018). *Cellular basic of hematology*. In *Hematology: Basic Principles and Practice* (pp. 93–196). Elsevier Inc.
- Jaber, B. L., Miguel Cendoroglo, V. S. B., Perianayagam, M. C., King, A. J., & Pereira, B. J. G. (2001). *Apoptosis of leukocytes: Basic concepts and implication of uremia*. *Kidney International*, 59(Supplement 78), S197–S205.
- Jeschke, M. G., & Finnerty, C. C. (2012). *The hepatic response to thermal injury*. In *Total Burn Care: Fourth Edition* (p. 25). <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2786-9.00025-4>
- Khurana, I. (2012). *Blood and immune system*. In Sh. Nasim & S. Dutta (Eds.), *Medical Physiology* (1st ed., pp. 93–165). Elsevier. <https://doi.org/10.1212/wnl.12.4.309>
- Kumar, P. (2010). *Grading of severity of the condition in burn patients by serum protein and albumin/globulin studies*. *Annals of Plastic Surgery*, 65(1), 74–79. <https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e3181c47d71>

- Lorenzo, I., Serra-Prat, M., & Carlos Yébenes, J. (2019). *The role of water homeostasis in muscle function and frailty: A review.* *Nutrients*, 11(8), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/nu11081857>
- Lucas, D. (2021). *Structural organization of the bone marrow and its role on hematopoiesis.* *Current Opinion in Hematology*, 28(1), 36–42.
<https://doi.org/10.1097/MOH.0000000000000621>.
- Massoni-Badosa, R., Aguilar-Fernández, S., Nieto, J. C., Soler-Vila, P., Elosua-Bayes, M., Marchese, D., Kulis, M., Vilas-Zornoza, A., Bühler, M. M., Rashmi, S., Alsinet, C., Caratù, G., Moutinho, C., Ruiz, S., Lorden, P., Lunazzi, G., Colomer, D., Frigola, G., Blevins, W., ... Heyn, H. (2024). *An atlas of cells in the human tonsil.* *Immunity*, 57(2), 379–399.e18. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2024.01.006>
- McArthur, K., Chappaz, S., & Kile, B. T. (2018). *Apoptosis in megakaryocytes and platelets: the life and death of a lineage.* *Blood*, 131(6), 605–610.
<https://doi.org/10.1182/blood-2017-11-742684>
- Mescher, A. L. (2018). *Blood.* In *Junqueira's Basic Histology* (15th ed., pp. 237–252). McGraw-Hill education.
- Pluthero, F. G., & Kahr, W. H. A. (2018). *The birth and death of platelets in health and disease.* *Physiology*, 33(3), 225–234.
<https://doi.org/10.1152/physiol.00005.2018>
- Rodak, B. F., & Carr, J. H. (2013). *Hematopoiesis.* In *Clinical hematology atlas* (pp. 11–83). Elsevier Saunders.
- Theurl, I., Hilgendorf, I., Nairz, M., Tymoszek, P., Haschka, D., Asshoff, M., He, S., Gerhardt, L. M. S., Holderried, T. A. W., Seifert, M., Sopper, S., Fenn, A. M., Anzai, A., Rattik, S., McAlpine, C., Theurl, M., Wieghofer, P., Iwamoto, Y., Weber, G. F., ... Swirski, F. K. (2016). *On-demand erythrocyte disposal and iron recycling requires transient*

macrophages in the liver. Nature Medicine, 22(8), 945–951.
<https://doi.org/10.1038/nm.4146>

Tiscia, G. L., & Margaglione, M. (2018). *Human fibrinogen: Molecular and genetic aspects of congenital disorders. International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/ijms19061597>

PROFIL PENULIS



Dr. dr. Eva Rachmi

Penulis lahir di Malang. Penulis meraih gelar dokter dari Universitas Brawijaya pada tahun 2002, kemudian gelar Master Kesehatan dari Universitas Brawijaya pada tahun 2004, dan Master Pendidikan Kedokteran dari Universitas Indonesia pada tahun 2007. Gelar Doktor Ilmu Kedokteran didapat Penulis dari Universitas Brawijaya pada tahun 2019. Saat ini Penulis bertugas sebagai dosen di Laboratorium Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Mulawarman. Penulis aktif melakukan penelitian dalam bidang onkologi terutama terkait kanker payudara.

BAB 3

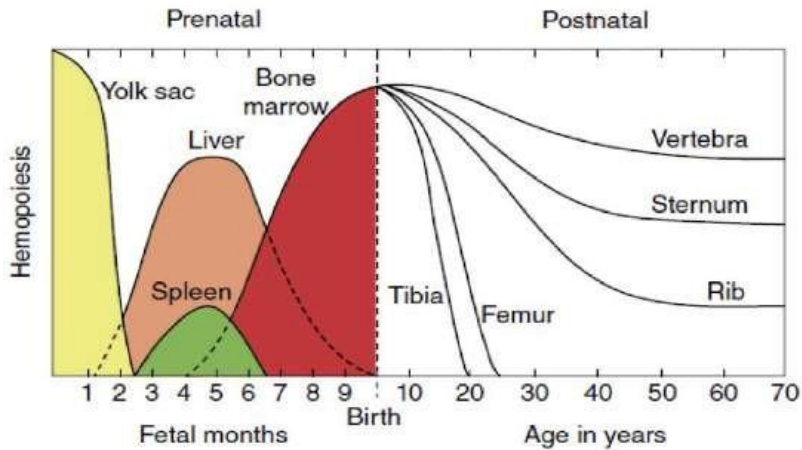
PENGEMBANGAN SEL DARAH

Filda Vionita Irene de Lima
Fakultas Kedokteran Universitas Pattimura, Ambon
E-mail: fildavid5@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Hematopoiesis atau hemopoiesis berasal dari bahasa Yunani yang berarti membuat darah yang baru (*hema* : darah dan *poiesis* : membuat). Hematopoiesi merujuk pada makna membentuk komponen sel-sel darah. Seluruh komponen seluler darah dibentuk dengan cara khusus. Organ yang bertanggung jawab dalam membentuk sel darah berbeda-beda tergantung dengan periode perkembangan, selama hidup manusia. Pada masa prenatal, *yolk sac* bertanggung jawab untuk membentuk sel-sel darah pada trimester pertama, hati dan limpa pada trimester kedua dan sumsum tulang pada trimester ke tiga. Selanjutnya, pada masa *postnatal* sel-sel darah dibentuk oleh 2 organ utama, yaitu jaringan mieloid pada sumsum tulang serta jaringan limfoid pada hati, limpa, nodus limfe, timus dan tonsil (Hoffman *et al.*, 2017).

Sumsum merah dan sumsum kuning merupakan bagian inti dari tulang. Sumsum merah bertanggung jawab dalam pembentukan sel-sel darah sedangkan sumsum kuning sebagian besar tersusun oleh jaringan adiposa. Sumsum merah pada tulang merupakan jaringan ikat khusus yang teravaskularisasi dengan baik. Sumsum merah terletak pada area diantara trabekula pada tulang spons. Dalam perkembangannya, sumsum merah tulang akan berubah menjadi sumsum kuning. Namun demikian, sumsum kuning dapat kembali menjadi sumsum merah bila diperlukan (Tortora & Derrickson, 2012).



Sumber: Hoffman *et al.* (2017)

Gambar 3.1. Tempat terjadinya hematopoiesis selama masa perkembangan dan masa tua

Pada anak-anak, sumsum tulang merah ditemukan pada tulang-tulang pipih tulang *femur*, *costae*, tengkorak, dan vertebra, sedangkan pada orang dewasa kebanyakan ditemukan pada tulang pipih seperti tengkorak, *costae*, *sternum*, pelvis dan vertebra, serta pada bagian ujung dari tulang-tulang panjang.

sebagai bagian utama dalam sistem imun adaptif dilakukan pada organ limfoid sekunder dengan cara pengenalan terhadap antigen yang masuk. (Hirose *et al.*, 2002; Seet & Crooks, 2015).

H. KESIMPULAN

Hematopoiesis merupakan suatu proses pembentukan sel-sel darah yang berasal dari satu sel induk yaitu *Hematopoiesis Stem Cell*. Selanjutnya di bawah pengaruh berbagai macam faktor HSC mengalami diferensiasi membentuk sel progenitor, selanjutnya menjadi sel prekursor dan menjadi sel yang matur. Sel eritrosit dibentuk melalui proses eritropoiesis, granulosit dibentuk melalui proses granulopoiesis, monosit melalui monositopoiesis, trombosit lanjut dibentuk melalui trombopoiesis dan limfosit dibentuk melalui proses yang disebut limfositosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Blanter, M., Gouwy, M., Struyf, S. (2021). *Studying Neutrophil Function in vitro: Cell Models and Environmental Factors. Journal of Inflammation Research.* 14. 141-162. 10.2147/JIR.S284941.
- Dzierzak, E., and Philipsen, S. (2013). *Erythropoiesis: development and differentiation. Cold Spring Harb Perspect Med* 3, a011601.
- Hoffbrand, A. V. (2024). *Hoffbrand's essential haematology* 9th Ed. John Wiley & Sons.
- Hoffman, R., Benz, E. J., Silberstein, L. E., Heslop, H. E., Weitz, J. I., Anastasi, J., Abutalib, S. (2017). *Hematology: basic principles and practice.* Elsevier Inc.
- Hirose, J., Kouro, T., Igarashi, H., Yokota, T., Sakaguchi, N., & Kincade, P. W. (2002). *A developing picture of lymphopoiesis in bone marrow. Immunological reviews,* 189, 28–

40. <https://doi.org/10.1034/j.1600-065x.2002.18904.x>
- Ingle, E., Tilbrook, P.A., and Klinken, S.P. (2004). *New insights into the regulation of erythroid cells*. IUBMB Life 56, 177-184.
- Iozon, I., Buza, V., Crisan, M., & Stefanut, L. C. (2022). *Hematopoiesis: a Brief Overview*. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*, 79(2), 1–8.
- Kawahara, R., & Shiozawa, Y. (2015). *Hematopoiesis*. In *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.05054-6>
- Kaushansky K. (2008). *Historical review: megakaryopoiesis and thrombopoiesis*. *Blood*, 111(3), 981–986. <https://doi.org/10.1182/blood-2007-05-088500>
- Orkin, S. H., & Zon, L. I. (2008). *Hematopoiesis: An Evolving Paradigm for Stem Cell Biology*. *Cell*, 132(4), 631–644. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.01.025>
- Palis, J. (2014). *Primitive and definitive erythropoiesis in mammals*. *Front Physiol* 5, 3
- Rodak BF, Carr JH. *Clinical Hematology Atlas*. Elsevier Health Sciences; 2012.
- Schulze H, Shivdasani R.A. (2005) *Mechanisms of thrombopoiesis*. *J Thromb Haemost*, 3: 1717–24.
- Seet C.S., & Crooks G.M. (2015). *Lymphopoiesis*. Kaushansky K, & Lichtman M.A., & Prchal J.T., & Levi M.M., & Press O.W., & Burns L.J., & Caligiuri M (Eds.), Williams Hematology, Education. <https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1581§ionid=108067920>
- Sinclair, Angus. (2013). *Erythropoiesis stimulating agents: Approaches to modulate activity*. *Biologics: targets & therapy*. 7. 161-174. 10.2147/BTT.S45971.

- Theml, H., Diem, H., & Haferlach, T. (2011). *Color Atlas of Hematology Practical and Clinical Diagnosis* (2nd ed.). Stuttgart: Thieme.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2017). *Principles of Anatomy & Physiology* (15th ed.). United States of America: John Wiley & Sons Inc.
- Tripathi, P., Sen, A., & Pati, H. P. (2020). *Thrombopoiesis: At a Glance!*. *Indian journal of hematology & blood transfusion: an official journal of Indian Society of Hematology and Blood Transfusion*, 36(3), 599.
<https://doi.org/10.1007/s12288-019-01251-1>
- Yvan-Charvet L, Ng G.L. (2019). *Granulopoiesis and Neutrophil Homeostasis: A Metabolic, Daily Balancing Act*, *Trends in Immunology*, Volume 40, Issue 7, 598 – 612

PROFIL PENULIS



dr. Filda Vionita Irene de Lima, M. Biomed.

Penulis lahir di Ambon 29 Juni 1991. Penulis merupakan alumni S1 dan Profesi Dokter dari FK Universitas Pattimura dan Program Magister Ilmu Biomedik FK UI. Penulis memulai karier sebagai dokter di beberapa rumah sakit di Kota Ambon sejak tahun 2016, dan sebagai tenaga pendidik di Universitas Pattimura sejak tahun 2018. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen pada Departemen

Biokimia FK Universitas Pattimura.

BAB 4

SEL DARAH MERAH

Salma Nadiyah
Politeknik Bina Trada, Semarang
E-mail: nadsalma10@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Darah berperan penting dalam semua proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup. Darah memiliki peran penting sebagai fluida yang membawa nutrisi ke seluruh bagian tubuh, kemudian membawa kembali hasil metabolisme nutrisi tersebut untuk dilanjutkan pada proses ekskresi hasil metabolisme tersebut yang melibatkan bantuan organ-organ ekskresi. Setiap orang rata-rata mempunyai 70 mL darah setiap kilogram berat badan dan 3,5 L untuk orang dengan berat badan 50 kg (Kiswari, 2014). Darah adalah komponen dalam tubuh berbentuk cair yang terdiri dari dua bagian, yaitu plasma darah (55%) dan korpuskuli atau elemen seluler (45%) , yang terdiri dari eritrosit, leukosit dan trombosit dengan fungsi yang dimiliki masing-masing (Dwi Aridya *et al.*, 2023a). Plasma darah memiliki beberapa fungsi yaitu ikut membantu dalam proses koagulasi karena mengandung fibrinogen, berperan dalam sistem pertahanan tubuh karena mengandung imunoglobulin serta antibodi, Adapun fungsi lainnya yaitu berperan dalam menjaga keseimbangan tekanan osmotik karena mengandung protein albumin dan elektrolit. Leukosit berfungsi dalam proses imunitas tubuh. Trombosit berfungsi dalam proses pembekuan darah atau hemostasis. Eritrosit berfungsi untuk transportasi oksigen menuju bagian tubuh atau jaringan yang membutuhkan.

Hematopoiesis merupakan proses pembentukan atau produksi, diferensiasi sel-sel darah, perkembangan serta

pematangan semua sel darah seperti sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit) dan trombosit. Hematopoiesis terjadi di sumsum tulang merah (Lucas, 2021). Berbagai organ yang berperan dalam hematopoiesis sejak pertumbuhan janin hingga dewasa berbeda termasuk *yolk sac*, hati, limpa, kelenjar getah bening, timus, dan sumsum tulang (Jagannathan-Bogdan & Zon, 2013). *Yolk sac*, hati, limpa adalah organ penting dalam hematopoiesis pada masa perkembangan janin. Usia 2 minggu sampai 2 bulan dalam kandungan atau kehidupan janin, proses paling banyak terjadi di *yolk sac*. Sumsum tulang merah adalah tempat utama hematopoiesis saat lahir dan sepanjang hidup (Kiswari, 2014).

B. ERITROSIT

Eritrosit berbentuk bikonkaf, berdiameter 7 – 8 μ . Bentuk bikonkaf pada eritrosit menyebabkan sifat fleksibilitas sehingga dapat melewati pembuluh darah yang sangat kecil. Eritrosit merupakan sel darah yang memiliki jumlah paling banyak, terdapat kira-kira 4,5 – 6 juta eritrosit, sehingga menyebabkan warna darah berwarna merah (Kiswari, 2014). Sel eritrosit membawa 280 molekul hemoglobin dan setiap hemoglobin membawa empat molekul oksigen (Dwi Aridya *et al.*, 2023b).

Proses pembentukan dan pematangan sel darah merah disebut eritropoiesis (Lucas, 2021). Mekanisme eritropoiesis diawali dengan *hematopoietic stem cells* yang bersifat *pluripotent* dan membutuhkan faktor pendukung yaitu sitokin spesifik, *growth factor*, hormonal regulator. Sifat pluripotent yaitu kemampuan untuk melakukan pembaharuan diri dan memunculkan semua sel jaringan tubuh (Romito & Cobellis, 2016). Tahapan pembentukan eritropoiesis (Cosgrove *et al.*, 2021; Linda Rosita *et al.*, 2019; Zivot *et al.*, 2018):

Globin tersusun atas empat rantai globin polipeptida terdiri atas rantai α dan rantai β . Heme merupakan struktur yang tersusun atas empat atom besi dalam bentuk Fe^{2+} yang dapat mengikat oksigen dan dikelilingi oleh cincin protoporfirin. Beberapa kelainan hemoglobin seperti *sickle cell anemia* dan talasemia merupakan masalah kesehatan yang signifikan di banyak negara. Adapun upaya penanganan yang dapat dilakukan dengan memanfaatkan komponen darah sel darah merah (eritrosit) untuk proses transfusi darah dalam bentuk *packed red cell* (PRC).

DAFTAR PUSTAKA

- Agesti, N., Damrah, D., Rasyid, W., Welis, W., Rahman, D., & Zarya, F. (2024). *The Role of Hemoglobin in Maintaining Health: A Literature Review*. *Jurnal Info Kesehatan*, 22(2), 395–408. <https://doi.org/10.31965/infokes.vol22.iss2.1482>
- Ahmed, M. H., Ghatge, M. S., & Safo, M. K. (2020). *Hemoglobin: Structure, Function and Allostery*. In *Subcellular Biochemistry* (Vol. 94, pp. 345–382). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41769-7_14
- Arias, C. F., & Arias, C. F. (2017). *How do red blood cells know when to die?* *Royal Society Open Science*, 4(4). <https://doi.org/10.1098/rsos.160850>
- Babker, A. M. A. (2022). *An overview on thalassemia and challenges during COVID-19*. *International Journal of Health Sciences*, 3207–3220. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns1.5446>
- Choudhry VP, & Arora JS. (2021). *Management of Thalassemia Minor & Major*. *J Hematol Transfus*, 8(1), 10902.
- Cosgrove, J., Hustin, L. S. P., de Boer, R. J., & Perié, L. (2021). *Hematopoiesis in numbers*. In *Trends in Immunology* (Vol. 42, Issue 12, pp. 1100–1112). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.it.2021.10.006>

- Dwi Aridya, N., Yuniarti, E., Atifah, Y., & Alicia Farma, S. (2023a). *The Differences Erythrocyte and Hemoglobin Levels of Biology Students and Sports Students Universitas Negeri Padang* Perbedaan Kadar Eritrosit dan Hemoglobin Mahasiswa Biologi dengan Mahasiswa Olahraga Universitas Negeri Padang.
- Dwi Aridya, N., Yuniarti, E., Atifah, Y., & Alicia Farma, S. (2023b). *The Differences Erythrocyte and Hemoglobin Levels of Biology Students and Sports Students Universitas Negeri Padang* Perbedaan Kadar Eritrosit dan Hemoglobin Mahasiswa Biologi dengan Mahasiswa Olahraga Universitas Negeri Padang. Serambi Biologi.
- Elendu, C., Amaechi, D. C., Alakwe-Ojimba, C. E., Elendu, T. C., Elendu, R. C., Ayabazu, C. P., Aina, T. O., Aborisade, O., & Adenikinju, J. S. (2023). *Understanding Sick cell disease: Causes, symptoms, and treatment options. Medicine (United States)*, 102(38), E35237. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000035237>
- Ilhami Surya Akbar, T., Yuli Riyanti, E., Wahyuni, H., & Palang Merah Banda Aceh, K. (2023). Frekuensi Transfusi Darah Tidak Memiliki Hubungan Signifikan dengan Inkompatibilitas Transfusi Darah Pada Pasien Thalassemia.
- Jagannathan-Bogdan, M., & Zon, L. I. (2013). *Hematopoiesis. Development (Cambridge)*, 140(12), 2463–2467. <https://doi.org/10.1242/dev.083147>
- Kiswari, R. (2014). *Hematologi & Transfusi*. Erlangga.
- Laksana, R. W., & Baehaki, F. (2024). Perbandingan Reaksi Transfusi Darah pada Pasien Thalasemia dengan Pemberian Darah PRC Biasa dan Darah PRC *Leukodepleted*. Jurnal Kesehatan Rajawali, 01, 22–26. <https://doi.org/10.54350/jkr.v14i01.416>
- Linda Rosita, dr, Abrory Agus Cahya, S., & Rahma Arfira, F. (2019). *Hematologi Dasar*. Universitas Islam Indonesia.

- Lucas, D. (2021). *Structural organization of the bone marrow and its role in hematopoiesis*. In *Current Opinion in Hematology* (Vol. 28, Issue 1, pp. 36–42). Lippincott Williams and Wilkins.
<https://doi.org/10.1097/MOH.0000000000000621>
- National Heart Lung And Blood Institute. (2022). *Sickle Cell Disease*. www.smokefree.gov.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 91 Tahun 2015 (2015).
- Romito, A., & Cobellis, G. (2016). *Pluripotent stem cells: Current understanding and future directions*. In *Stem Cells International* (Vol. 2016). Hindawi Publishing Corporation.
<https://doi.org/10.1155/2016/9451492>
- Thiagarajan, P., Parker, C. J., & Prchal, J. T. (2021). *How Do Red Blood Cells Die? In Frontiers in Physiology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.655393>
- Thom, C. S., Dickson, C. F., Gell, D. A., & Weiss, M. J. (2013). *Hemoglobin variants: Biochemical properties and clinical correlates*. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 3(3). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a011858>
- Thomas, C., & Lumb, A. B. (2012). *Physiology of haemoglobin*. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care and Pain*, 12(5), 251–256.
<https://doi.org/10.1093/bjaceaccp/mks025>
- Zivot, A., Lipton, J. M., Narla, A., & Blanc, L. (2018). *Erythropoiesis: Insights into pathophysiology and treatments in 2017*. In *Molecular Medicine* (Vol. 24, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s10020-018-0011-z>

PROFIL PENULIS



Salma Nadiyah, S.Si., M.Biomed.

Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Bank Darah, Politeknik Bina Transfusi Darah, Semarang. Penulis aktif mengajar mata kuliah Hematologi, Biokimia Darah, Imunologi, serta terkait dengan mata kuliah transfusi darah. Penulis lahir di Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta pada tanggal 10 April 1995. Penulis merupakan anak kedua dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Bakti Joko Wahono, S.E dan Ibu Sri Endah Puji Lestari, S.Ag. Penulis menempuh pendidikan jenjang akademik pada Program Studi S1 Biologi, Universitas Negeri Yogyakarta dengan topik skripsi Biologi Manusia, Biokimia. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan jenjang magister pada Program Pascasarjana Ilmu Biomedis dengan konsentrasi Biokimia dan Biologi Molekuler di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

BAB 5

TROMBOSIT DAN KOAGULASI

Farida Fakhrunnisa
Universitas Bhamada Slawi, Kab. Tegal
E-mail: farida.fakhrunnisa@bhamada.ac.id

A. PENDAHULUAN

Sistem koagulasi darah merupakan mekanisme pada tubuh yang sangat penting untuk mempertahankan integritas tubuh setelah terjadinya cedera pembuluh darah. Proses ini melibatkan serangkaian interaksi yang kompleks antara sel – sel darah, protein plasma, dan berbagai faktor lain dengan tujuan menghentikan perdarahan dan mencegah kehilangan darah yang berlebihan. Salah satu komponen yang berperan dalam koagulasi darah yaitu trombosit. Trombosit disebut juga sebagai keping darah, berperan sebagai penghalang pertama untuk menutup luka pada pembuluh darah yang cedera. Selain berperan dalam membentuk sumbatan (*plug*) hemostatik sementara, trombosit juga berperan dalam aktivasi jalur koagulasi yang melibatkan banyak protein faktor pembekuan darah sehingga terbentuk gumpalan darah yang lebih stabil.

Pada bab ini akan membahas tentang asal trombosit, karakteristik trombosit, peran penting trombosit dalam proses koagulasi darah, menjelaskan mekanisme dasar pembekuan darah serta membahas salah satu penyakit genetik yang berkaitan dengan pembekuan darah serta uji laboratorium yang berkaitan dengan koagulasi darah.

B. MEGAKARYOPOIESIS

Megakaryocytopoiesis adalah proses di mana sel induk hematopoietik menjalani komitmen garis keturunan untuk

menjadi progenitor megakariosit, yang berkembang biak dan menghasilkan megakariosit yang belum matang (*immature megakaryocyte*). Megakariosit yang belum matang ini kemudian mengalami siklus endomitosis berturut-turut yang memunculkan sel-sel unik yang sangat poliploid. Proses poliploidisasi dikaitkan dengan peningkatan produksi protein yang diperlukan untuk pembentukan dan fungsi trombosit. Poliploidisasi juga disertai dengan perubahan ultrastruktural progresif, terutama pembentukan kompleks sistem membran demarkasi (*complex demarcation membrane system*, DMS), bersama dengan akumulasi granula α , mencirikan megakariosit yang sepenuhnya matang (*mature megakaryocytes*). Peristiwa ini mengatur tahapan untuk produksi proplatelet dan pelepasan trombosit oleh megakariosit yang matang (Liu *et al.*, 2011).

Megakariosit adalah sel poliploid terbesar dalam sumsum tulang belakang (Murtasyidah & Indrasari, 2019; Sherwood, 2013). Produksi megakariosit dipengaruhi oleh hormon trombopoietin yang dihasilkan oleh hati dan ginjal. Trombopoietin meningkatkan jumlah megakariosit pada sumsum tulang belakang dan merangsang setiap megakariosit untuk menghasilkan lebih banyak trombosit sesuai dengan kebutuhan (Sherwood, 2013). Perkembangan megakariosit dari sel induk *hematopoietic pluripotent* tidak dapat dijelaskan dengan pasti. Namun, teori yang ada menyatakan bahwa sel punca hematopoietik akan berdiferensiasi menjadi dua macam yaitu progenitor limfoid dan progenitor myeloid. Progenitor limfoid (*lymphoid stem cell*) akan menghasilkan limfosit. Progenitor myeloid (*myeloid stem cell*) akan memunculkan keturunan megakariosit yang akan menjadi trombosit / platelet, prekursor granulosit menghasilkan sel granulosit (basofil, eosinofil, dan neutrofil), prekursor eritrosit menjadi eritrosit / sel darah merah, dan prekursor monosit menghasilkan monosit / makrofag

Reference range INR yaitu 0,8 – 1,2. Perhitungan INR dapat dilakukan menggunakan rumus (Hughes *et al.*, 2009):

$$\text{INR} = \frac{\text{Prothrombine Time Pasien}}{\text{Rata – Rata Prothrombine time normal}} \times \text{isi}$$

Implikasi klinis dan penyebab peningkatan nilai INR sama dengan implikasi klinis dan penyebab peningkatan pada nilai *Protombine Time* (Kementerian Kesehatan RI, 2011; Stein, 2010).

H. KESIMPULAN

Secara keseluruhan trombosit memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan hemostasis tubuh, dengan fungsi sebagai garis pertahanan pertama yang menghentikan perdarahan dan memulai proses penyembuhan setelah terjadinya kerusakan pembuluh darah. Trombosit juga berinteraksi erat dengan faktor – faktor pembekuan darah lainnya, membentuk kaskade koagulasi yang lebih kompleks. Gangguan dalam fungsi atau jumlah trombosit atau ketiadaan salah satu faktor pembekuan darah dapat menimbulkan ketidaktepatan proses pembekuan darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaudhry, R., Usama Syed, M., & babiker Hani, M. (2024). *Physiology, Coagulation Pathways*. StatPearls Publishing.
- George, J. N. (2000). *Platelets. The Lancet*, 355(9214), 1531–1539. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)02175-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02175-9)
- Holinstat, M. (2017). *Normal platelet function. Cancer and Metastasis Reviews*, 36(2), 195–198. <https://doi.org/10.1007/s10555-017-9677-x>
- Hughes, J., Tenni, P., & Saulsby, N. (2009). *Case Studies in Clinical Practice Use of Laboratory Test Data: Process*

- Guide and Reference for Health Care Professionals (Second Edition)*. Pharmaceutical Society of Australia.
- Kementerian Kesehatan RI. (2011). *Pedoman Interpretasi Data Klinik*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Liu, Z.-J., Italiano, J., Ferrer-Marin, F., Gutti, R., Bailey, M., Poterjoy, B., Rimsza, L., & Sola-Visner, M. (2011). *Developmental differences in megakaryocytopoiesis are associated with up-regulated TPO signaling through mTOR and elevated GATA-1 levels in neonatal megakaryocytes*. *Blood*, 117(15), 4106–4117. <https://doi.org/10.1182/blood-2010-07-293092>
- Mayo Clinic. (2023, August 29). *Hemophilia*. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/hemophilia/symptoms-causes/syc-20373327>.
- Montague, S. J., Lim, Y. J., Lee, W. M., & Gardiner, E. E. (2020). *Imaging Platelet Processes and Function—Current and Emerging Approaches for Imaging in vitro and in vivo*. *Frontiers in Immunology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00078>
- Murtasyidah, A., & Indrasari, Y. (2019). *Acute Megakaryoblastic Leukimia*. *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*, 25(3), 364–371.
- Olivia Williams, & Shane R. Sergeant. (2024). *Histology, Platelets*. Stat Pearls Publishing.
- Sherwood, L. (2013). *Human Physiology From Cells to Systems (9 Edition)*. Cengage Learning.
- Sola-Visner, M., & Ramsey, H. (2017). *Developmental Megakaryocytopoiesis*. In *Fetal and Neonatal Physiology* (pp. 1135-1150.e4). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-35214-7.00117-7>
- Stefan Silbernagl, & Florian Lang. (2000). *Color Atlas of Pathophysiology*. Georg Thieme Verlag.

Stein, S. (Ed.). (2010). *Boh;s Pharmacy Practice Manual : A Guide to the Clinical Experience*. Wolter Kluwer Health Lippincott Williams & Wilkins.

PROFIL PENULIS



apt. Farida Fakhrunnisa, M.Farm,

Penulis lahir di Tegal, 9 Juni 1993. Penulis lulus pendidikan jenjang akademik pada Program Studi S1 Farmasi, FMIPA, Universitas Islam Indonesia (UII) pada tahun 2015 dan Program Studi Profesi Apoteker UII pada Tahun 2016. Kemudian Penulis melanjutkan pendidikan jenjang magister pada Program Pascasarjana Ilmu Kefarmasian (Farmasi Klinis), Fakultas Farmasi Universitas Indonesia dan lulus tahun 2019. Saat ini Penulis aktif menjadi dosen di Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan (FIKES), Universitas Bhamada Slawi, Jawa Tengah.

BAB 6

PEMERIKSAAN DARAH: METODE DAN TEKNIK

Daniel Alfarado
Laboratorium Pendidikan Kimia
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya
E-mail: Danielalfarado87@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Pemeriksaan darah merupakan salah satu pilar utama dalam diagnosa medis modern. Darah sebagai komponen vital tubuh mengandung informasi penting mengenai kesehatan seseorang, termasuk kondisi organ, metabolisme, dan sistem imun (Dean, 2005). dengan kemajuan teknologi dan pengetahuan medis, metode dan teknik pemeriksaan darah telah berkembang pesat, memungkinkan analisis yang lebih akurat, cepat, dan komprehensif. Namun, kompleksitas prosedur ini memerlukan pemahaman mendalam mengenai prinsip kerja alat, interpretasi hasil, serta aplikasi klinisnya. Oleh karena itu, penyusunan panduan praktis mengenai metode dan teknik pemeriksaan darah menjadi kebutuhan mendesak untuk mendukung profesional medis, teknisi laboratorium, dan mahasiswa dalam menjalankan tugas mereka dengan optimal.

Di tengah dinamika perkembangan teknologi diagnostik, Bab ini hadir untuk memberikan landasan pengetahuan yang kuat dan aplikasi praktis tentang pemeriksaan darah. Bab ini mengintegrasikan teori dasar, Teknik pengambilan sampel, hingga pemanfaatan alat otomatis modern seperti hematology analyzer, flow cytometry, dan blood gas analyzer. Dengan penekanan pada langkah-langkah praktis dan interpretasi klinis, diharapkan bab ini menjadi sumber referensi yang bermanfaat

dalam meningkatkan kualitas layanan diagnostik serta mendukung pendidikan di bidang kesehatan.

B. JENIS-JENIS PEMERIKSAAN DARAH

Pemeriksaan darah merupakan salah satu metode diagnosis paling umum dan penting untuk mengidentifikasi berbagai kondisi kesehatan. Pemeriksaan ini melibatkan pengambilan sampel darah pasien, yang kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kondisi kesehatan atau mendeteksi adanya penyakit. Hasil dari pemeriksaan darah dapat memberikan informasi penting tentang fungsi organ, sistem kekebalan tubuh, status metabolisme, dan kondisi hematologi. Beberapa tujuan dalam pemeriksaan darah antara lain dapat membantu dalam diagnosis berbagai kondisi medis, seperti anemia, infeksi, gangguan fungsi organ (ginjal, hati, jantung), dan gangguan metabolik; untuk memantau kondisi kesehatan secara umum; mendeteksi kondisi medis pada tahap awal sebelum gejala muncul; untuk mengevaluasi efektivitas pengobatan atau terapi yang diberikan kepada pasien; serta untuk memastikan bahwa pasien dalam kondisi fisik yang optimal untuk menjalani operasi (Castro and Gourley, 2010).

Pemeriksaan darah dan kondisi di dalam tubuh merupakan variabel penting dari data mengenai darah yang di analisis. Faktor makanan dan minuman dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan darah seperti konsumsi makanan atau minuman sebelum pengambilan darah dapat mempengaruhi kadar glukosa, trigliserida, atau enzim tertentu dalam darah. Selain faktor makanan, faktor lain seperti aktivitas fisik, konsumsi obat-obatan serta kondisi medis menjadi faktor penentu hasil pemeriksaan darah sehingga hal ini harus diperhitungkan saat menafsirkan hasil datanya. Dengan persiapan yang tepat dan interpretasi hasil yang akurat, pemeriksaan darah dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kondisi kesehatan

E. KESIMPULAN

Pemeriksaan darah memiliki peran penting dalam mendukung diagnosis, pemantauan kesehatan, dan evaluasi efektivitas terapi, karena mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang fungsi tubuh melalui analisis komponen darah. Metode dan teknik yang digunakan mencakup *hematology analyzer* untuk penghitungan sel darah, mikroskopi untuk evaluasi morfologi sel, serta uji biokimia seperti spektrofotometri *flow cytometry* untuk menganalisis kadar zat dalam darah. Selain itu, teknik imunologi seperti ELISA digunakan untuk mendeteksi infeksi atau penyakit autoimun. Dengan pendekatan yang beragam dan presisi tinggi, pemeriksaan darah menjadi alat yang esensial dalam mendeteksi penyakit secara dini, memantau perkembangan penyakit, serta menentukan efektivitas pengobatan, sehingga berkontribusi langsung pada perawatan kesehatan yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- American Diabetes Association (ADA). (2023). *Standards of Care in Diabetes—2023 Abridged for Primary Care Providers*. *Clin Diabetes* 2. 41(1): 4–31.
- Burtis, C. A. and Bruns, D. E. (2015). *Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics*. 7th Edition Missouri Saunders: Elsevier, 364-370.
- Castro, C. and Gourley, M. (2010). *Diagnostic testing and interpretation of tests for autoimmunity*. *J Allergy Clin Immunol*. 125(2): S238-47.
- Dean L. (2005). *National Center for Biotechnology Information* (US); 2005. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2261/>
- Fischbach, F. T., Fischbach, M. A., & Stout, K. (2022). *Fischbach's A manual of laboratory and diagnostic tests*. Eleventh edition. Philadelphia, Wolters Kluwer.

- Laposata M, & McCaffrey. (2022). *Methods in clinical hematology. P(Eds.), Clinical Laboratory Methods: Atlas of Commonly Performed Tests*. McGraw Hill, LLC. Availablefrom:
<https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3128§ionid=262427541>
- Pagana, K. D., and Pagana, T.J. (2017). *Mosby's Manual of Diagnostic and Laboratory Tests*. 6th ed. St. Louis, MO: Mosby.
- Provan, Baglin, T., Dokal, I., de Vos, J., and Kaur, M. (2015). *Haematological investigations', Oxford Handbook of Clinical Haematology, 4 edn, Oxford Medical Handbooks* (https://doi.org/10.1093/med/9780199683307.003.0016_update_001), accessed 30 Nov. 2024.
- Puzantian H. V. and Townsend, R. R. (2013). *Understanding kidney function assessment: the basics and advances. J Am Assoc Nurse Pract.* 25(7): 334-41.
- Weinstock, R. S., Aleppo, G., Bailey, T. S., Bergenstal, R. M., Fisher, W. A., Greenwood, D. A., and Young, L. A. (2020). *The Role of Blood Glucose Monitoring in Diabetes Management*. Arlington (VA): American Diabetes Association.
- World Health Organization (WHO). (2010). *Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy*. Geneva: World Health Organization.

PROFIL PENULIS



Daniel Alfarado, S.Si.

Penulis lahir di Prabumulih pada 5 Desember 1996. Penulis meraih gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia dari Universitas Sriwijaya. Penulis yang berdedikasi dengan minat kuat dalam bidang Kimia Organik Bahan Alam dan Farmakologi. Penulis memiliki latar belakang dalam bidang Kimia dan telah berkontribusi pada berbagai publikasi dan proyek yang melibatkan isolasi senyawa bahan alam, uji aktivitas anti diabetes, antioksidan, antibakteri secara *in vitro*, serta mekanisme adsorpsi bahan alam. Dalam tulisannya, Penulis sering mengeksplorasi tema senyawa bahan alam beserta bioaktivitasnya, dan adsorpsi senyawa organik oleh material dengan tujuan untuk mengeksplorasi senyawa bahan alam dari tumbuh-tumbuhan dan meneliti pengaruh aktivitasnya terhadap suatu penyakit. Selain menulis, penulis juga memiliki pengalaman dalam bidang laboratorium dan mengajar dimana penulis berperan sebagai analis Laboratorium Pendidikan Kimia di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya. Pengalaman ini memperkaya perspektifnya dalam menyusun karya yang informatif dan relevan.

BAB 7

ANEMIA: TIPE DAN PENYEBABNYA

Suci Rayan Sari
Puskesmas Klampis Ngasem, Kota Surabaya
E-mail: sucirayan@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Anemia merupakan masalah kesehatan global yang sering dijumpai sebagai masalah kesehatan utama di masyarakat. Pada tahun 2019, WHO mencatat prevalensi anemia sebesar 29,9% pada wanita usia produktif setara dengan setengah miliar wanita usai 15-49 tahun. Terdiri dari 29,6% pada wanita yang tidak hamil dan 36,5 % pada wanita hamil. Laporan data 2021, diperkirakan 40% anak usia 6-59 bulan menderita anemia, 37% pada wanita hamil, dan 30 % pada wanita usia subur (https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/anaemia_in_women_and_children). Sementara di Indonesia prevalensi anemia pada wanita hamil sebesar 27,7 %. Pada anak usia 0-4 tahun sebesar 23,8%, anak 5-14 tahun sebesar 16,3%, kelompok umur 15-24 tahun sebesar 15,5%, 25-34 tahun sebesar 13,2%, 35-44 tahun sebesar 14,6%, 45-54 tahun sebesar 14,7%, usia 55-64 tahun sebesar 20,0%, 66-74 tahun sebesar 23,9% dan usia di atas 75 tahun sebesar 63,2% (SKI 2023)

Anemia adalah suatu kondisi dimana jumlah massa sel darah merah (eritrosit) atau konsentrasi kadar hemoglobin darah kurang dari normal, sehingga oksigenasi ke jaringan perifer tidak tercukupi. Anemia sendiri bukanlah satu entitas penyakit tersendiri, tetapi merupakan gejala dari penyakit yang mendasarinya (*underlying disease*, sehingga pengobatan anemia tidak melulu terapi untuk meningkatkan kadar hemoglobin tapi

lebih pada terapi penyakit yang mendasarinya (Setiati, Siti, Alwi, Idris, dkk, 2014).

Kadar hemoglobin merupakan satu parameter yang dipakai untuk menentukan anemia. *Cutt of point* kadar hemoglobin pada wanita dewasa adalah 12 g/dl, untuk laki-laki 13 g/dl, dan untuk wanita hamil 11 g/dl. Maka kadar hemoglobin di bawah *cut off point* dianggap terdapat anemia. Kadar hemoglobin normal pada pria adalah 13,0-17,5 gr/dl sementara pada wanita 12,0-15,5 gr/dl pada wanita (Aliviameita, Andika & Puspitasai, 2019).

Secara umum, anemia ditandai dengan konjungtiva pucat, kulit pucat, adanya gejala kelelahan (letih), lesu, tanda hiperdinamik seperti nadi kuat dan cepat, jantung berdebat, dan *roaring in the ears*. Diagnosis anemia ditentukan dari pemeriksaan fisik dan temuan laboratorium berupa kadar hemoglobin yang rendah.

B. KLASIFIKASI ANEMIA

Anemia dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi dan morfologi sel darah merah. Berdasarkan etiologinya anemia secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. **Gangguan produksi eritrosit.** Gangguan produksi eritrosit melibatkan sumsum tulang sebagai pabrik pembentuk eritrosit. Gangguan ini meliputi:
 - a. Adanya kekurangan bahan esensial pembentuk sel darah merah, seperti kekurangan zat besi, asam folat atau vitamin B12.
 - b. Adanya gangguan penggunaan besi akibat penyakit kronis atau anemia sideroblastik
 - c. Adanya kerusakan pada sumsum tulang, misal pada anemia aplastik, myeloplastik, keganasan hematologi, anemia diseritropoietik, myelodisplasia sindrom, anemia pada gagal ginjal kronik akibat kerusakan eritropoietin.

M. KESIMPULAN

Anemia adalah suatu kondisi dimana jumlah massa sel darah merah (eritrosit) atau konsentrasi kadar hemoglobin darah kurang dari normal, sehingga oksigenasi ke jaringan perifer tidak tercukupi. Penyebab anemia adalah gangguan produksi eritrosit, perdarahan, hemolisis, dan penyebab lain. Dari morfologi sel darah merah, anemia diklasifikasikan menjadi anemia hipokromik mikrositer, normokromik normositer dan anemia makrositer. Gejala anemia meliputi gejala umum anemia diantaranya lemah, letih, lesu, sesak nafas, berdebar, dan gejala khas seperti pica dan *spoon nail* pada anemia defisiensi besi, splenomegali pada kasus talasemia, defisiensi G6PD atau pada defisiensi piruvat kinase. Terapi anemia adalah terapi caustik, sesuai dengan penyebab anemia. Selain itu terapi suportif untuk menjaga kadar hemoglobin dalam batas wajar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliviameita, Andika & Puspitasari (2019). Buku Ajar Mata Kuliah Hematologi. Umsida Press
- Ashorobi, Damilola & Chhabra, Anil (2023). *Sideroblastic Anemia. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information*
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538287/>
- Bajwa, Hamza & Basit, Hajira (2023). *Thalassemia. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information*
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545151/>
- Bottomley, Sylvia & Fleming, Mark D (2014). *Sideroblastic Anemia Diagnosis and Management. Hematol Oncol Clin N Am* 28 (2014) 653–670
<http://dx.doi.org/10.1016/j.hoc.2014.04.008>
hemonc.theclinics.com 0889-8588/14/\$ – see front matter
2014 Elsevier Inc. All rights reserved.

- Chaparro1, Camila M. & Suchdev, Parminder S. (2019). *Anemia epidemiology, pathophysiology, and etiology in low- and middle-income countries*. HHS Public Access Author manuscript Ann N Y Acad Sci. Author manuscript; available in PMC 2019 August 16. Published in final edited form as: Ann N Y Acad Sci. 2019 August ; 1450(1): 15–31. doi:10.1111/nyas.1409
- Chaudhry, Hammad S & Kasarla, Madhukar Reddy (2023). *Microcytic Hypochromic Anemia*. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470252/>
- Enegela, Ogboche A & Anjum, Fatima (2023). *Pyruvate Kinase Deficiency*. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560581/>
- Hasanah, Nidaul & Yuniarti, Tuti, dkk (2023). *Hematologi*. CV. Eureka Media Aksara
- Jayawardhana, I Ketur Wisnuaji & Kresnapati, I Nyoman Bagus Aji (2022). *Anemia Megaloblastik: Sebuah Tinjauan Pustaka*. *BIOCITY Journal of Pharmacy Bioscience and Clinical Community* 1(1): 25-35
- Krivenko, Alexey (2024). *Defisiensi Piruvat Kinase: Penyebab, Gejala, Diagnosis, Pengobatan*. *Healthy Life*: https://id.iliveok.com/health/defisiensi-piruvat-kinase-penyebab-gejala-diagnosis-pengobatan_76453i15937.html
- Maslak, Peter (2008). *Normochromic Normocytic Anemia-1*. <https://imagebank.hematology.org/image/3710/normochromic-normocytic-anemia--1?type=upload>
- Moore, Christine A & Adil, Abdullah, 2022. *Macrocytic Anemia*. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459295/>

- Reksodiputro, Haryanto, Rudijanto, Achmad, dkk (2014). Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam. Internal Publishing
- Richardson, S.Russ & O'Malley, Gerald F (2022). *Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase Deficiency*. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470315/>
- Rosita, Linda, Cahya, Abrory Agus, dkk (2019). Hematologi Dasar. Universitas Islam Indonesia
- Sutanegara, Kadek Diah Permata & Rahmadhona, Devi (2022). Anemia Aplastik: Dari Awitan Hingga Tatalaksana. Jurnal Kedokteran Unram 2022,11(3):1094-1099 ISSN 2301-5977, e-ISSN 2527-7154
- Utami, Nurma Astrid & Farida, Eko (2022). Kandungan Zat Besi, Vitamin C dan Aktivitas Antioksidan Kombinasi Jus Buah Bit dan Jambu Biji Merah sebagai Minuman Potensial Penderita Anemia. IJPHN 2 (3) (2022) 372-260: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/IJPHN>
- Warner, Matthew J & Kamran, Muhammad T (2023). Iron Deficiency Anemia. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448065/>
- Wu, Yangyang, Liao, Lin, dkk (2021). *The diagnostic protocol for hereditary spherocytosis-2021 update*. J Clin Lab Anal. 2021 Oct 24;35(12):e24034. doi: [10.1002/jcla.24034](https://doi.org/10.1002/jcla.24034) <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8649336/>
- Yilmaz,Gizem & Shaikh, Hira, 2023. *Normochromic Normocytic Anemia*. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK565880/>

PROFIL PENULIS



dr. Suci Rayan Sari

Penulis lahir di Temanggung, 15 Januari 1982. Saat ini Penulis berdomisili di Surabaya. Penulis merupakan lulusan Program Studi Pendidikan Dokter, Universitas Jember. Pada tahun 2011-Februari 2014, Penulis bekerja di Dinas Kesehatan, Kab. Bandung Barat sebagai dokter fungsional di Puskesmas Cisarua (s/d 2014) dan Puskesmas Jayagiri. Penulis pernah menjadi dokter Teladan Kab. Bandung Barat tahun 2018. Penulis merupakan Alumnus *Indonesian Short Course on Addiction Medicine I* (ISCAN I) FK UNPAD 2016. Penulis juga pernah menjadi dokter pendamping internship tahun 2021-2024. Saat ini, Penulis bekerja sebagai dokter fungsional di Puskesmas Klampis Ngasem, Dinas Kesehatan Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur.

BAB 8

GANGGUAN SEL DARAH PUTIH

Dian Nurmansyah
Universitas Borneo Lestari, Banjarbaru
E-mail: dian.nurmansyah@unbl.ac.id

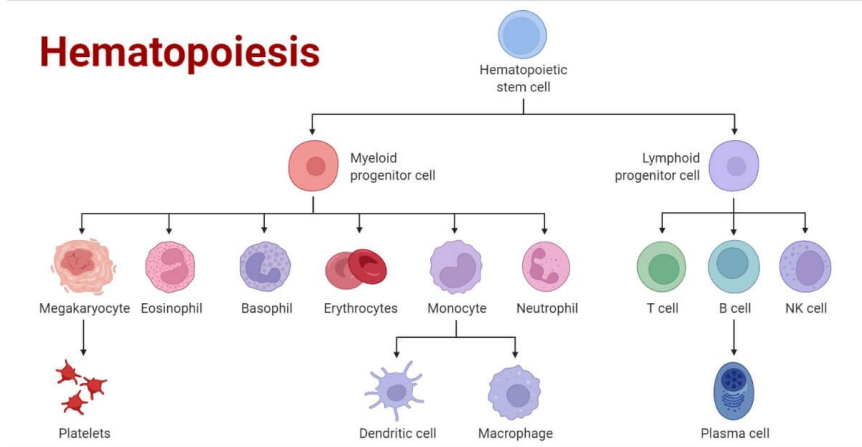
A. PENDAHULUAN

Leukosit, atau sel darah putih, adalah sel darah yang memiliki inti, berbeda dengan eritrosit yang tidak berinti. Selain itu, leukosit tidak mengandung hemoglobin dan tidak dapat mengangkut oksigen (Tortora & Derrickson, 2017). Nama leukosit diberikan karena warnanya yang cenderung lebih pucat dibandingkan eritrosit. Secara umum, leukosit terbagi menjadi lima jenis, yaitu neutrofil, basofil, eosinofil, monosit, dan limfosit. Masing-masing jenis leukosit memiliki ciri khas dan *fungsi* yang berbeda. Leukosit, secara umum memiliki peran penting pada proses eliminasi patogen / antigen yang masuk ke dalam tubuh manusia dan mungkin akan menyebabkan infeksi, sedangkan secara spesifik fungsi leukosit adalah memediasi kekebalan, baik bawaan (nonspesifik), atau spesifik (adaptif). Respons kekebalan bawaan contohnya adalah fagositosis oleh neutrofil, sedangkan respons kekebalan adaptif seperti dalam produksi antibodi oleh sel plasma

Leukosit dapat meningkat jumlahnya di dalam tubuh karena adanya stimulasi / paparan dari patogen infeksius atau akibat dari keganasan sel itu sendiri (kanker). Pada bab ini akan dibahas tentang bagaimana mekanisme pembentukan dan destruksi leukosit , etiologi dan patofisiologi penyakit-penyakit gangguan leukosit seperti leukositosis, leukemia, limfoma dan gangguan lain beserta cara diagnosis secara laboratoris (Ugrosono, 2019).

B. PEMBENTUKAN DAN DESTRUKSI LEUKOSIT DI DALAM TUBUH

Leukosit di dalam tubuh jumlahnya tidak sebesar eritrosit. Jumlah normal leukosit hanya berkisar pada $4 - 11 \times 10^9 / l$ dan bersirkulasi di dalam peredaran darah. Pembentukan leukosit di dalam tubuh masuk ke dalam mekanisme yang disebut hematopoiesis. Seluruh sel darah termasuk leukosit berasal dari 1 sel yang disebut sebagai *hematopoietic stem cell* (HSC) atau sel punca hematopoetik.



Gambar 8.1. Mekanisme hematopoiesis

HSC tetap stabil sepanjang hidup dewasa dengan kapasitas proliferasinya sangat besar. Pada tahap awal hematopoiesis, sel punca multipoten berdiferensiasi mengikuti salah satu dari dua jalur: progenitor limfoid umum atau progenitor mieloid umum, yang dipengaruhi oleh mikrolingkungan. Sel progenitor limfoid umum menghasilkan sel B, sel T, sel NK (*natural killer*), dan beberapa sel dendritik. Sel punca mieloid menghasilkan progenitor sel darah merah (eritrosit), berbagai sel darah putih (neutrofil, eosinofil, basofil, monosit, sel mast, sel dendritik), dan trombosit. Jenis leukosit memiliki masa hidup yang bervariasi, mulai dari beberapa hari (seperti neutrofil) hingga

DAFTAR PUSTAKA

- Alfani, H. (2021). *Literature review: Gambaran hasil pemeriksaan eritrosit, leukosit dan trombosit pada pasien anak dengan leukemia limfoblastik akut (LLA) setelah terapi*. Jurnal Universitas Aisyiyah Jogjakarta.
- Bambang, H., Sutaryo, Ugrasena, I., Endang, W., & Maria, A. (2010). *Buku ajar hematologi-onkologi anak*. Jakarta: Ikatan Dokter Anak Indonesia.
- Hunger, S., & Mullighan, C. (2015). *Acute lymphoblastic leukemia in Children*. *New England Journal of Medicine*.
- Liem, E. F., Mantik, M., & Rampengan, M. (2019). Hubungan kadar hemoglobin dan tercapainya remisi pada anak penderita leukemia akut. *Jurnal Medik dan Rehabilitasi*, 1-7.
- Nagpal, B., Hegde, U., S, A., Ghosh, A., Nagpal, A., & Nagpal, A. (2016). *Hodgkin's Lymphoma: A comprehensive review for oral health care practitioners*. *International Journal of health sciences and research*, 335-343.
- Nelson, B., Variakojis, D., & Peterson, L. (2002). *Leukemic phase of B-cell lymphomas mimicking chronic lymphocytic leukemia and variants at presentation*. *Mod Pathol*, 1111-1120.
- Price, S., & Wilson, L. (2006). *Patofisiologi*. Jakarta: EGC.
- Rahmat, R., Tjong, D. H., Almurdi, A., & Wulandari, M. (2022). Nilai leukosit, eritrosit, dan trombosit pada penderita leukemia limfoblastik akut pasien anak. *Jurnal Kesehatan Perintis*, 76-81.
- Shahid, M., Seifert, R., Li, P., & Li, Y. (2019). *Leukemic presentation of high grade B cell lymphoma with MYC and BCL2 rearrangement-a series of two cases and review of literature*. *Journal of Hematopathology*.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. H. (2017). *Tortora's principle of anatomy and physiology*. New Jersey: Wiley.

Ugroseno. (2019). *Chronic Myeloid Leukemia*. Surabaya: Airlangga University Press.

PROFIL PENULIS



Dian Nurmansyah, S.ST, M.Biomed.

Penulis lahir di Solo, 25 Januari 1992. Penulis menyelesaikan pendidikan tinggi jenjang diploma pada Program Studi D3 Analisis Kesehatan di Akademi Analisis Kesehatan Borneo Lestari dan lulus pada tahun 2012. Kemudian Penulis melanjutkan pendidikan jenjang Sarjana Sains Terapan pada Program Studi D4 Analisis Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi Surakarta dan lulus pada tahun 2014. Penulis menempuh pendidikan Pascasarjana pada Program Studi S2 Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana Bali dan lulus pada tahun 2017. Saat ini, Penulis tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi D3 Analisis Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan dan Sains Teknologi, Universitas Borneo Lestari, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Penulis telah menulis dan mempublikasikan beberapa artikel, baik yang diterbitkan pada jurnal nasional-internasional, serta menerbitkan buku referensi dan book chapter. Penulis juga aktif terlibat sebagai editor dan reviewer di berbagai jurnal nasional berakreditasi Sinta.

BAB 9

TRANSFUSI DARAH

Nita Ermawati
Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri
E-mail: alya27faisya@yahoo.com

A. PENDAHULUAN

Mendonorkan darah adalah perbuatan yang mulia karena setetes darah tersebut dapat menyelamatkan jiwa orang yang membutuhkan. Sebagai pendonor, kita harus yakin bahwa darah yang akan kita berikan sehat dan aman bagi orang yang membutuhkan dan tidak merugikan kita sendiri. Akan tetapi, meskipun pendonor merasa sehat, terkadang darah tidak dapat diberikan kepada penderita karena darah tersebut membawa virus / kuman penyakit yang nantinya dapat ditularkan kepada penderita. Oleh karena sebab itu, demi keamanan dan kesehatan pendonor maupun penerima darah, perlu dilakukan seleksi / pemeriksaan donor sebelum dilakukan pengambilan darah (Kurniawan, 2016).

Transfusi darah berarti proses pemindahan darah dari seseorang pendonor ke dalam sistem peredaran darah penerima donor (resipien). Dalam beberapa situasi, tindakan ini dapat menyelamatkan jiwa orang lain, semisal orang lain tersebut kehilangan sejumlah besar darahnya karena sesuatu hal. Transfusi darah juga dapat dilakukan untuk menggantikan darah yang hilang selama dilangsungkannya operasi. Seseorang yang menderita anemia berat atau trombositopenia yang disebabkan karena penyakit darah dapat ditolong dengan jalan transfusi darah. Begitu juga dengan seseorang yang menderita hemofilia, sangat perlu untuk mendapatkan transfusi darah (Komandoko, 2013)

Bank darah dan layanan transfusi bertanggung jawab untuk mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan mengirimkan darah manusia yang digunakan untuk transfusi, melakukan tes pra-transfusi dan akhirnya menransfusikan pasien. Proses ini dapat dilakukan di rumah sakit, sering kali di dua lokasi terpisah. Misalnya, di banyak negara, darah untuk proses transfusi di kumpulkan di pusat-pusat transfusi darah, kemudian diproses, disimpan, dan dikirim ke departemen rumah sakit. Layanan transfusi bertanggung jawab untuk menjaga kecukupan pasokan darah dan produk darah dalam jumlah yang diperlukan, pengelompokan darah, dan pengumpulan darah untuk transfusi. Dalam banyak kasus, transfusi darah atau produk darah digunakan dengan cara yang sama seperti pemberian obat melalui pembuluh darah (misalnya antibiotik). Terdapat risiko tambahan khusus bagi pasien yang menerima transfusi. Misalnya, karena potensi risiko infeksi pada pasien yang menerima transfusi darah serius (HBV, HCV dan HIV). Personil yang bekerja pada bank darah dan layanan transfusi juga berisiko mengalami cedera (misalnya akibat jarum suntik) atau kontaminasi dari darah atau produk darah. Untuk melindungi diri, petugas harus mengetahui dan memahami pentingnya mencuci tangan dan penggunaan sarung tangan serta alat pelindung diri seperti *face shield* dan barak plastik, secara tepat waktu (Tietjen, 2004).

Transfusi darah penting dalam praktik kedokteran modern. Transfusi membuat operasi besar menjadi mungkin, membuat proses kelahiran lebih aman dan menurunkan tingkat kematian karena trauma mayor. Transfusi juga membuat pengobatan gangguan perdarahan yang diwariskan maupun didapat serta penyakit keganasan darah seperti leukimia dan limfoma menjadi efektif. Transfusi darah diperoleh dengan melakukan venaseksi dari donor sukarelawan. Darah diambil sebanyak 450 ml lalu dimasukkan ke dalam wadah plastik berisi antikoagulan sitrat.

- produk darah yang diambil dari donor (antibodi alogenis) atau penerima (antibodi autologis)
3. Bank darah yaitu fasilitas atau unit rumah sakit yang melakukan pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan dan penyaluran darah manusia atau produk lainnya
 4. *Look-back* adalah proses mengidentifikasi orang yang telah menerima transfusi darah dari donor yang kemudian didapati terkena infeksi HCV, HIV (dan juga HBV), dan memberitahu tentang hal ini jika diperlukan
 5. Pasien – pendonor adalah orang yang darahnya diambil untuk ditransfusikan kepada orang lain (transfusi alogenis)
 6. Pelayanan transfusi adalah fasilitas atau unit rumah sakit yang melakukan penyimpanan, tes pra-transfusi dan perbandingan silang, dan infusi darah atau produk darah kepada calon pasien (penerima)
 7. Penerima Donor adalah orang yang darahnya diambil untuk ditransfusikan kepada dirinya sendiri (atau transfusi)

DAFTAR PUSTAKA

- Bakta, I Made (2015). Hematologi Klinik Ringkas. Jakarta. Buku Kedokteran EGC
- Jane Bain, Barbara (2014). Hematologi Kurikulum Inti. Jakarta. EGC
- Kiswari, Rukman (2014). Hematologi dan Transfusi. Semarang. Gelora Aksara Pratama
- Komandoko, Gamal (2013). Donor Darah Terbukti Turunkan Risiko Penyakit Jantung & Stroke. Yogyakarta. Media Pressindo
- Kurniawan, Fajar Bakti (2016). Hematologi Praktikum Analisis Kesehatan. Jakarta. EGC
- Mehta, Atul B (2008). *At a Glance Hematologi*. Jakarta. Erlangga

Tietjen, Linda (2014). Panduan Pencegahan Infeksi untuk Fasilitas Pelayanan Kesehatan dengan Sumber Daya Terbatas. Jakarta. Yayasan Bina Pustaka Sarwono Prawirohardjo

PROFIL PENULIS



Nita Ermawati., S.ST., S.Pd., M.Si.

Penulis lahir di Probolinggo 02 Mei 1986, adalah dosen tetap di Jurusan D4 Analisis Kesehatan Fakultas Teknologi dan Manajemen Laboratorium Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri. Penulis memperoleh gelar Magister Sains pada Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga pada tahun 2018, Gelar Sarjana Pendidikan di Universitas Nusantara PGRI pada tahun 2014, dan Gelar Sarjana Sains Terapan di Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri pada tahun 2014. Penulis memperoleh sertifikat Plebothomi dari PATELKI Yogyakarta pada tahun 2023. Mulai tahun 2018, Penulis mengajar mata kuliah Hematologi pada Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Teknologi dan Manajemen Kesehatan, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri.

BAB 10

PENYAKIT GENETIK DALAM HEMATOLOGI

Desantika Wuryana
RSUD Mardi Waluyo Kota Blitar
E-mail: wuryana.desantika@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Penyakit hematologi dapat disebabkan oleh faktor genetik. Penyakit genetik merupakan penyakit yang diturunkan dari orang tua ke anak dimana ada pewarisan gen yang mengandung mutasi DNA spesifik sehingga terjadi hambatan fungsi sel darah (Safra & Bannasch, 2022). Beberapa penyakit hematologi genetik dapat karena adanya hemoglobin yang abnormal, seperti talasemia dan anemia sel sabit. Talasemia dan anemia sel sabit termasuk dalam penyakit genetik dalam hematologi. Yang ditransmisikan dari orang tua kepada anak-anak melalui gen pada kromosom. Sebagai contoh apabila kedua orang tua orang tua karier sifat talasemia, maka kemungkinan 25% anak mereka memiliki penyakit talasemia. Namun, apabila salah satu orang tua karier sifat tersebut dan orang tua lainnya memiliki penyakit tersebut, maka peluang anak mewarisi penyakit tersebut akan meningkat menjadi 50%.

Talasemia merupakan salah satu penyakit genetik heterogen yang disebabkan karena adanya penurunan sintesis rantai alpha atau beta dari hemoglobin (Hb). Selain itu dapat disebabkan oleh ketiadaan rantai alpha atau beta. Pada talasemia terjadi mutasi genetik atau penghapusan fragmen gen kunci tertentu. Talasemia merupakan penyakit yang diturunkan, dimana salah satu orang tua harus menjadi karier untuk penyakit ini. Penyakit ini dapat terjadi mulai dari masa anak-anak dan berlangsung sepanjang hidup. Hemoglobin adalah salah satu komponen pada

sel darah merah yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen. Hemoglobin terdiri dari dua protein yaitu protein alpha dan beta. Apabila tubuh tidak dapat memproduksi salah satu atau kedua protein tersebut, maka sel darah merah tidak dapat terbentuk dengan baik dan tidak dapat membawa oksigen dengan cukup (Bajwa & Basit, 2023).

Talasemia terdiri dari talasemia alfa dan talasemia beta. Pada pasien talasemia biasanya terdapat beberapa manifestasi klinik antara lain kulit menunjukkan gejala anemia, penampilan seperti wajah tikus karena mengalami deformasi tulang wajah dan tulang lainnya, pertumbuhan dan perkembangan anak lambat sehingga tidak sesuai dengan usianya, pubertas yang tertunda, serta pada kondisi yang kronis dapat menyebabkan gagal jantung, gagal liver, dan sirosis (Bajwa & Basit, 2023). Pasien talasemia mengalami penurunan kadar hemoglobin sehingga harus mendapatkan transfusi darah secara rutin sehingga hemoglobin dapat membawa oksigen untuk tubuh. Pasien yang menerima transfusi darah secara rutin, memiliki risiko peningkatan kadar zat besi dalam darah. Hal ini karena sel darah merah mengandung banyak zat besi. Kadar zat besi yang meningkat dalam darah ini, lalu terdistribusi dan terkumpul pada organ tubuh seperti jantung, liver, dan otak sehingga menyebabkan organ-organ tersebut tidak dapat bekerja dengan baik. Oleh karena itu, pada pasien talasemia dengan transfusi darah rutin, memerlukan terapi pengikat zat besi agar tidak terjadi penumpukan zat besi pada organ-organ tersebut.

Selain talasemia, penyakit genetik hematologi selanjutnya adalah anemia sel sabit (*sickle cell anemia*). Anemia sel sabit merupakan suatu kelainan genetik yang diturunkan pada rantai beta globin dari hemoglobin sehingga menyebabkan hemolisis dan kerusakan organ kronis. Pada penyakit ini, hemoglobin pada sel darah merah berubah menjadi abnormal yaitu kaku, lengket, dan cacat yang disebut dengan istilah hemoglobin S sehingga sel

menghasilkan tetramer hemoglobin yang bermutasi (HbS) untuk membentuk bundel. Manifestasi klinik yang dialami masing-masing penderita tergantung pada derajat keparahan penyakit. Derajat keparahan ini tergantung pada gen yang diturunkan dari kedua orang tua. Pemeriksaan lebih awal untuk mendeteksi adanya kelainan genetik akan meningkatkan kualitas hidup penderita karena dapat diberikan manajemen terapi yang lebih cepat. Pengobatan yang diberikan juga tergantung pada derajat keparahannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Angastiniotis M & Lobitz S. (2019). *Thalassemias: An Overview. International Journal of Neonatal Screening*. 5, 16; doi: 10.3390 / ijns5010016.
- Bajwa H & Basit H. (2023). *Thalassemia. National Library of Medicine*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545151/>.
- Bel V., et al. (2024). *Sickle Cell Disease Update: New Treatment and Challenging Nutritional Interventions. Nutrients*. 16, 258. <https://doi.org/10.3390/nu16020258>.
- Chukwuka E., et al. (2023). *Understanding Sickle Cell Disease: Causes, Symptoms, and Treatment Options. Medicine*. 102(38):p e35237. DOI:10.1097/MD.00000000000035237.
- Farmakis, D., Eleftheriou, A., Bain, B. (2022). *Management of Transfusion Dependent Thalassaemia (TDT), A Short Guide 2nd Edition. Thalassaemia International Federation*.
- Mangla A., Ehsan M., Agarwal N., Maruvada S. (2023). *Sickle Cell Anemia. National Library of Medicine*. Retrieved from [ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482164](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482164).
- National Heart, Lung, and Blood Institute. 2024. *Sickle Cell Disease*. Retrieved from [nhlbi.nih.gov/health/sickle-cell-disease](https://www.nhlbi.nih.gov/health/sickle-cell-disease).

- Rubio M.L & Marina M.A. (2024). *The Current Role of Hydroxyurea in the Treatment of Sickle Cell Anemia. Journal of Clinical Medicine*. Volume 13(21), 6404, doi: 10.3390/jcm13216404.
- Safra N & Bannasch D. (2022). *Genetic Evaluation of Inherited Hematologic Diseases*. Wiley Online Library. Retriewed from <https://doi.org/10.1002/9781119500537.ch146>.
- Sundd P, Gladwin M.T, Novelli E. M. (2019). *Pathophysiology of Sickle Cell Disease. Annual Review of Pathology: Mechanism of Disease*. Volume 14: 263-292. doi: 10.1146/annurev-pathmechdis-012418-012838.

PROFIL PENULIS



apt. Desantika Wuryana, M. Farm. Klin.

Penulis lahir di Kota Blitar, 29 Desember 1988. Penulis menempuh pendidikan S1 dan Profesi Apoteker di Universitas Airlangga Surabaya dan lulus tahun 2012. Kemudian Penulis melanjutkan studi S2 Farmasi Klinik di Universitas Airlangga Surabaya dan lulus tahun 2015. Penulis bekerja sebagai apoteker pendamping di Apotek Kimia Farma Surabaya 2013 – 2016. Selanjutnya Penulis bekerja sebagai apoteker klinis di RS dr. Saiful Anwar Malang 2016 sampai 2019. Kemudian pada tahun 2019-sekarang menjadi apoteker klinis di RSUD Mardi Waluyo Kota Blitar.

BAB 11

INOVASI DAN PENELITIAN TERKINI

DALAM ILMU DARAH

Resmi Aini
Politeknik Kesehatan Bhakti Setya Indonesia, Yogyakarta
E-mail: resmiaini@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Ilmu Hematologi adalah cabang kedokteran yang berfokus pada ilmu tentang darah dan komponen-komponennya, yang mencakup sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit, serta kondisi medis yang mempengaruhi fungsi darah. Darah memainkan peran penting dalam tubuh, termasuk sebagai pengangkut oksigen, pengatur suhu tubuh, dan sebagai komponen utama dalam sistem kekebalan. Oleh karena itu, kesehatan darah sangat memengaruhi kualitas hidup manusia secara keseluruhan. Namun, seiring dengan perkembangan penyakit yang semakin kompleks, upaya untuk menjaga kesehatan darah dan mendiagnosis serta mengobati gangguan Hematologi secara efektif menjadi semakin penting.

Lima tahun terakhir, kemajuan teknologi dan inovasi di bidang Hematologi telah memungkinkan pendekatan yang lebih cepat, akurat, dan ramah pasien untuk diagnosis dan pengobatan penyakit darah. Buku ini menyajikan sejumlah inovasi penting yang tidak hanya memberikan solusi praktis dalam Hematologi, tetapi juga menghasilkan hak kekayaan intelektual, yang menjadi dasar pengembangan teknologi medis lebih lanjut. Beberapa penelitian dalam Hematologi kini telah menghasilkan paten atau paten sederhana, memperkuat peran inovasi dalam menyediakan solusi yang lebih terjangkau dan mudah diakses, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas. Buku ini

membahas tentang keunggulan, keterbatasan serta relevansi klinis dalam ilmu Hematologi. Inovasi dalam ilmu darah sangat penting dibahas pada bab ini diantaranya

1. Peningkatan Efisiensi Diagnostik dan Pengobatan.
2. Penyediaan Alternatif Diagnostik yang Nyaman bagi Pasien.
3. Kemandirian dan Penghematan Biaya.
4. Peningkatan Manajemen Data untuk Mendukung Keputusan Klinis.
5. Pengembangan Terapi Genetik yang Revolusioner.

Buku ini disusun untuk mengupas inovasi-inovasi dan bagaimana masing-masing penemuan memberikan dampak langsung terhadap kemajuan Hematologi. Di setiap bab, pembaca akan disajikan dengan deskripsi inovasi, metode yang digunakan, serta penerapan praktis dan manfaatnya bagi pasien dan dunia medis khususnya dibidang Hematologi. Penjelasan yang rinci dan sederhana diharapkan dapat membantu pembaca memahami kompleksitas ilmu darah dan mengapresiasi pentingnya penelitian Hematologi dalam menjaga dan meningkatkan kesehatan masyarakat.

Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang berharga bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi medis dalam memahami perkembangan ilmu darah dan peran inovasi dalam mengatasi tantangan yang ada. Dengan terus mengembangkan teknologi Hematologi, kita dapat berharap pada masa depan yang lebih sehat dan perawatan medis yang lebih inklusif untuk semua kalangan.

B. PENINGKATAN EFISIENSI DIAGNOSTIK DAN PENGOBATAN

Peningkatan efisiensi diagnostik dan pengobatan yang menjadi tantangan utama dalam hematologi adalah kebutuhan

G. KESIMPULAN

1. **Efisiensi Diagnostik:** Inovasi ini meningkatkan akurasi dan efisiensi uji golongan darah, meski membutuhkan pengembangan untuk mengatasi kendala teknis.
2. **Alternatif Diagnostik:** Deteksi anemia berbasis biokimia lebih akurat dan relevan untuk populasi dengan risiko tinggi anemia defisiensi zat besi.
3. **Kemandirian Laboratorium:** *Six Sigma* meningkatkan akurasi *hematology analyzer*, dengan keberhasilan tergantung pada pelatihan staf dan pemilihan parameter yang tepat.
4. **Manajemen Data:** Inovasi manajemen spesimen darah mendukung hasil laboratorium yang lebih efisien dan terpercaya, dengan potensi untuk diterapkan di skala yang lebih luas.
5. **Terapi Genetik:** Teknologi CRISPR-Cas9 menawarkan pendekatan revolusioner untuk pengobatan penyakit genetik, meski membutuhkan pengembangan untuk meningkatkan keamanan dan efektivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyani, A. A. A. E., & Parwati, P. A. (2022). Manajemen Pengambilan dan Pengelolaan Spesimen Darah di Laboratorium RSUD Wangaya Denpasar. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 5(2), 187. <https://doi.org/10.30651/jmlt.v5i2.15518>
- Helmyati, S., Hasanah, F. C., Putri, F., Sundjaya, T., & Dilantika, C. (2023). *Biochemistry Indicators for the Identification of Iron Deficiency Anemia in Indonesia: A Literature Review*. *Amerta Nutrition*, 7(3), 62–70. <https://doi.org/10.20473/amnt.v7i3SP.2023.62-70>
- Islami, S., Haq, R. A., Arianto, N. N., Sabina, D. L., Kedokteran, F., & Lampung, U. (2024). Teknik

- Penyuntingan *Gen Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats-Cas9* (CRISPR-Cas9) sebagai Terapi Penyakit Genetik Bawaan. *Ulasan Literatur. Medical Profession Journal of Lampung University*, 14(2), 334–343.
- Maharani, E. A., Erviani, R., Fajruri'mah, R., & Astuti, D. (2022). Penggunaan Six Sigma Sebagai Evaluasi Kontrol Kualitas Pada *Hematology Analyzer Sysmex Xn-1000*. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 14(2), 263–269. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v14i2.2106>
- Mawaddah, L., Yuniarti, E., & Hartono, A. (2020). Rancang Bangun *Automatic Human Blood Type Detector* Menggunakan Sensor Cahaya Bh1750 Berdasarkan Sifat Optik dengan Metode ABO. *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, 3(1), 42–52. <https://doi.org/10.15408/fiziya.v1i2.14433>
- Resmiaini, R., & Sulisty, A. (2024). Korelasi Indeks Massa Tubuh Berbasis Aplikasi Appsheets dan Kadar Hemoglobin Remaja Putri di Panti Asuhan Darun Najah Yogyakarta. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 4(3), 979–986. <https://doi.org/10.54082/jupin.461>

PROFIL PENULIS



Resmi Aini, M.Sc.

Penulis adalah seorang dosen pengajar di bidang Hematologi dan Infeksi Menular Lewat Transfusi Darah (IMLTD) di Poltekkes Bhakti Setya Indonesia sejak tahun 2012. Penulis menyelesaikan pendidikan S2 dalam Ilmu Kedokteran Tropis di Universitas Gadjah Mada (UGM) pada tahun 2012, sebelumnya meraih gelar Analis Kesehatan pada tahun 1993. Dengan latar belakang yang kuat dalam bidang kesehatan dan penelitian, Penulis telah aktif berkontribusi dalam dunia akademik dan

pengabdian masyarakat. Penulis pernah menerima hibah penelitian dan hibah pengabdian kepada masyarakat yang diselenggarakan oleh Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI). Penulis juga mendapatkan hibah nasional dari Kemenristekdikti untuk mendukung berbagai penelitian dan program yang relevan dengan pengembangan ilmu dan pemberdayaan masyarakat. Penulis memiliki keahlian dalam: Hematologi klinis dan Infeksi Menular Lewat transfusi Darah (IMLTD); Ilmu kesehatan tropis; Penelitian yang mendukung diagnosis dan penanganan penyakit berbasis laboratorium; dan Pengembangan program berbasis masyarakat untuk meningkatkan kesehatan masyarakat. Dengan pengalaman lebih dari satu dekade dalam pengajaran dan kontribusi dalam penelitian, penulis terus berkomitmen untuk mendukung pengembangan ilmu kesehatan di tingkat lokal dan nasional.

DASAR-DASAR HEMATOLOGI MEMAHAMI ILMU DARAH

Buku ini mengupas tentang hematologi sebagai cabang ilmu kedokteran yang mempelajari darah, organ pembentuk darah, dan kelainan yang terkait dengannya. Dasar-dasar hematologi mencakup pemahaman tentang komponen darah, seperti sel darah merah, sel darah putih, trombosit, dan plasma, serta fungsi masing-masing dalam menjaga keseimbangan tubuh. Proses pembentukan darah (hematopoiesis) di sumsum tulang menjadi salah satu fokus utama, termasuk regulasi dan gangguannya. Hematologi juga melibatkan identifikasi dan penanganan berbagai kelainan, seperti anemia, leukemia, gangguan koagulasi, dan penyakit hemoglobinopati. Selain itu, perkembangan teknologi modern, seperti terapi gen, rekayasa sel, dan teknik diagnostik mutakhir, telah memperluas cakupan hematologi, baik dalam penelitian maupun aplikasi klinis. Pemahaman dasar-dasar hematologi penting untuk mendukung diagnosis, pengelolaan, dan pengobatan penyakit darah secara efektif.



FUTURE SCIENCE

Jl. Terusan Surabaya, Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005,
Kel. Sumbarsari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,
Provinsi Jawa Timur.
Website : www.futuresciencepress.com



IKAPI
IKATAN PENYAKIT INDONESIA

No. 348/JTI/2022

ISBN 978-634-7037-73-2 (PDF)



9

786347

037732