

Hemoglobin dalam Dunia Medis

Muhammad Fakhri Ramadhan, S.Si., M.Biomed.

A. Pendahuluan

Hemoglobin (Hb) adalah protein tetramerik yang terdiri dari dua rantai alfa (α) dan dua rantai beta (β), membentuk struktur kompleks yang mampu mengikat oksigen (O_2) secara reversibel. Protein ini merupakan komponen utama eritrosit dan berperan vital dalam transportasi oksigen dari paru-paru ke jaringan serta pengangkutan karbon dioksida (CO_2) kembali ke paru-paru untuk diekskresikan. Karena perannya yang sangat penting, kadar Hb dalam darah menjadi indikator kunci status kesehatan dan fungsi organ. Penurunan kadar Hb, atau anemia, adalah masalah kesehatan global yang memengaruhi jutaan orang setiap tahunnya. Anemia dapat disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari defisiensi nutrisi seperti zat besi, perdarahan kronis, penyakit kronis, hingga gangguan produksi sel darah merah di sumsum tulang. Dampak anemia tidak boleh diremehkan: selain menyebabkan gejala seperti kelelahan, sesak napas, dan penurunan konsentrasi, anemia juga dikaitkan dengan risiko komplikasi serius seperti osteoporosis, penurunan fungsi kognitif dan fisik pada lansia, meningkatnya risiko patah tulang, hingga luaran yang buruk pada pasien hemodialisis. Melihat dampaknya yang luas, deteksi dini dan manajemen anemia merupakan prioritas penting dalam praktik klinis.

B. Hemoglobin pada Pasien Kritis dan Perdarahan Akut

Pada pasien yang dirawat di Unit Perawatan Intensif (ICU), anemia dan defisiensi zat besi merupakan masalah yang sangat umum. Faktor penyebabnya beragam: perdarahan akut, inflamasi sistemik, kehilangan darah akibat prosedur, hingga penurunan produksi eritrosit karena supresi sumsum tulang. Anemia pada pasien kritis bukan sekadar temuan laboratorium; kondisi ini dapat memperburuk hipoksia jaringan, menghambat penyembuhan luka, memperpanjang lama rawat inap, dan meningkatkan risiko kegagalan organ serta mortalitas.

Sayangnya, diagnosis defisiensi zat besi pada pasien ICU cukup menantang. Penanda tradisional seperti serum feritin (SF) sering kali tidak dapat diandalkan. Feritin adalah protein fase akut, sehingga kadarnya meningkat pada kondisi inflamasi atau infeksi — dua hal yang

hampir selalu terjadi pada pasien kritis. Hal ini menyebabkan kadar feritin yang terlihat normal atau tinggi bisa menutupi defisiensi zat besi yang sebenarnya, sehingga diagnosis anemia defisiensi besi (IDA) menjadi terlambat.

Penelitian prospektif di Unit Politrauma dan Luka Bakar Rumah Sakit Universitario La Paz, Spanyol, menilai kegunaan parameter hematimetrik baru seperti *Reticulocyte Hemoglobin Equivalent* (RET-He) dan Delta-He. RET-He menggambarkan kandungan hemoglobin dalam retikulosit, sehingga dapat menunjukkan ketersediaan zat besi untuk pembentukan sel darah merah secara real-time, mengingat retikulosit hanya bertahan 1–2 hari dalam sirkulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan RET-He dan Delta-He selama 4–7 hari sangat berkorelasi dengan penurunan kadar Hb dan peningkatan risiko anemia, sementara feritin gagal memprediksi perubahan tersebut. Temuan ini mendukung penggunaan RET-He dan Delta-He sebagai alat skrining rutin di ICU untuk deteksi dini anemia, sehingga terapi zat besi atau transfusi darah dapat diberikan lebih tepat waktu.

Dalam konteks perdarahan saluran cerna akut (*gastrointestinal bleeding*, GIB), anemia juga menjadi perhatian utama. Sebuah analisis kohort menggunakan data Hungarian Gastrointestinal Bleeding Registry menyoroti bahwa penurunan hemoglobin relatif ($\Delta\text{Hb}\%$) adalah prediktor yang lebih baik terhadap luaran klinis buruk dibandingkan kadar hemoglobin terendah (nadirHb) semata. Pasien dengan $\Delta\text{Hb}\%$ tinggi memiliki risiko lebih besar untuk mengalami komplikasi atau memerlukan intervensi emergensi, bahkan jika nadirHb masih berada di atas ambang batas transfusi. Dengan kata lain, besarnya penurunan Hb selama perawatan sama pentingnya dengan nilai Hb itu sendiri. Temuan ini dapat membantu klinisi membuat keputusan transfusi yang lebih individual dan berbasis risiko, bukan hanya angka patokan.

C. Hemoglobin pada Penyandang Disabilitas

Selain pasien kritis, kelompok penyandang disabilitas juga menunjukkan prevalensi anemia yang lebih tinggi. Penelitian berbasis data klaim asuransi kesehatan nasional Korea Selatan menemukan bahwa kadar Hb abnormal hampir tiga kali lebih sering ditemukan pada penyandang disabilitas dibandingkan populasi tanpa disabilitas. Peneliti menggunakan *propensity score matching* dengan rasio 1:3 untuk menyeimbangkan faktor usia, jenis

kelamin, status ekonomi, dan komorbiditas antara kelompok disabilitas dan non-disabilitas, sehingga hasil yang diperoleh lebih valid.

Menariknya, faktor yang memengaruhi kadar Hb tidak hanya berasal dari karakteristik individu (seperti BMI, fungsi ginjal, fungsi hati, kebiasaan merokok, atau aktivitas fisik), tetapi juga dari faktor lingkungan. Analisis multilevel menunjukkan bahwa daerah dengan anggaran kesejahteraan sosial rendah memiliki proporsi lebih tinggi penyandang disabilitas dengan Hb rendah. Hal ini menggarisbawahi pentingnya peran kebijakan publik, pemerataan fasilitas kesehatan, dan program dukungan sosial dalam meningkatkan status gizi serta mencegah anemia pada kelompok rentan.

D. Hemoglobin Non-Kanonis

Dalam 30 tahun terakhir, penelitian mengenai hemoglobin mengalami pergeseran paradigma. Dulu, hemoglobin dianggap hanya ada di eritrosit dan berfungsi sebagai pengangkut oksigen. Kini diketahui bahwa hemoglobin juga diekspresikan di berbagai jenis sel non-eritrosit, seperti makrofag, sel epitel alveolar, sel mesangial ginjal, neuron, dan limfosit-T. Di sel-sel ini, hemoglobin memiliki peran berbeda. Ia berfungsi sebagai modulator redoks, membantu menjaga keseimbangan oksidatif, mendukung fungsi mitokondria, dan membantu sel merespons hipoksia. Beberapa penelitian mengaitkan ekspresi hemoglobin non-kanonis dengan perlindungan terhadap stres oksidatif, sedangkan kehilangan atau gangguan ekspresi hemoglobin dapat berkontribusi pada timbulnya penyakit seperti hipertensi, aterosklerosis, penyakit neurodegeneratif (misalnya Alzheimer), hingga gangguan autoimun. Artikel ulasan terbaru merangkum temuan-temuan ini dan menyoroti potensi hemoglobin non-kanonis sebagai target terapeutik baru, serta peluang penggunaannya sebagai biomarker untuk mendeteksi penyakit yang melibatkan disfungsi redoks atau hipoksia kronis.

Secara keseluruhan, literatur terkini menunjukkan bahwa pemeriksaan baru seperti RET-He dan Delta-He lebih akurat daripada feritin dalam memprediksi risiko anemia pada pasien ICU. Pemantauan kedua parameter ini memungkinkan deteksi dini dan intervensi cepat, sehingga diharapkan dapat menurunkan angka komplikasi dan mortalitas. Pada pasien GIB, mempertimbangkan $\Delta\text{Hb}\%$ selain nadirHb membantu memperkirakan risiko secara lebih tepat. Pada kelompok penyandang disabilitas, kadar hemoglobin dipengaruhi oleh kombinasi faktor biologis dan sosial. Intervensi yang efektif perlu melibatkan pendekatan multidimensi, termasuk peningkatan akses kesehatan dan dukungan kesejahteraan sosial.

Selain itu, penelitian tentang hemoglobin non-kanonis membuka wawasan baru bahwa hemoglobin bukan hanya sekadar “protein pengangkut oksigen”, tetapi juga molekul multifungsi yang berperan dalam regulasi redoks dan fungsi seluler. Studi masa depan diharapkan dapat mengeksplorasi peran ini lebih jauh, termasuk penggunaan model hewan knockout yang dapat diinduksi, agar hasil penelitian lebih mendekati kondisi fisiologis manusia. Dengan riset berkelanjutan, deteksi dan penanganan anemia dapat lebih tepat sasaran, protokol transfusi dapat diperbaiki, dan pemahaman mengenai peran hemoglobin yang lebih luas akan membuka peluang terapi baru bagi berbagai penyakit kronis maupun akut.

E. Referensi

- Bedan, M., et al. (2025). Intravenous iron therapy versus blood transfusion for increasing hemoglobin: A comparative study. *Journal of Clinical Therapeutics*.
- De la Cruz-Garcinuño, M., et al. (2025). Utility of reticulocyte hemoglobin as a new predictor of iron deficiency anemia in critically ill patients. *Clinical Hematology Insights*.
- Lee, S., Jung, Y.-I., Yoon, H., et al. (2025). Status and factors related to hemoglobin concentration of people with vs. without disability — using nationwide claims check-up database. *Frontiers in Public Health*.
- Reed, E. C., et al. (2025). Non-canonical hemoglobin: An updated review on its expression, function, and regulation in various non-canonical cell types. *Journal of Hematology Research*. Retrieved from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11984994/>
- Teutsch, B., et al. (2024). Hemoglobin decrease predicts untoward outcomes better than nadir hemoglobin in gastrointestinal bleeding. *Nature Medicine*.