

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kehamilan

1. Pengertian kehamilan

Kehamilan merupakan masa yang dimulai dari konsepsi hingga lahirnya janin. Lama kehamilan ini berlangsung selama 280 hari, 40 minggu atau sama dengan 9 bulan 7 hari (Situmorang dkk., 2021). Selama kehamilan terjadi banyak perubahan fisiologis yang sangat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan janin. Proses kehamilan berawal dari proses fertilisasi, dilanjutkan dengan proses nidasi atau implantasi, kemudian berkembang hingga janin tersebut siap untuk hidup di luar uterus (Kasmiati, 2023).

2. Kebutuhan gizi selama kehamilan

Kehamilan merupakan suatu proses yang menjadi awal kehidupan generasi penerus sehingga memerlukan kondisi ibu yang optimal. Salah satu faktor penunjang untuk proses reproduksi sehat adalah terpenuhinya kebutuhan zat gizi baik mikro maupun makro. Zat gizi mikro seperti asam folat, zat besi, seng, kalsium, iodium, dan lain-lain, sedangkan zat gizi makro mencakup karbohidrat, protein, dan lemak. Kekurangan asupan zat gizi dari kedua sektor tersebut dapat menimbulkan masalah gizi dan kesehatan pada ibu serta bayinya (Puspita, 2023). Kebutuhan gizi seorang perempuan yang sedang hamil mengalami peningkatan dibandingkan sebelum masa kehamilan. Kebutuhan energi perempuan sebelum hamil berkisar 1.900 kkal/hari pada usia 19 -29 tahun dan 1.800 kkal/hari pada usia 30 - 49 tahun. Selama kehamilan, kebutuhan energi tersebut meningkat sekitar 180 kkal/hari pada trimester I dan sekitar 300 kkal/hari pada trimester II dan III. Selain

energi, kebutuhan protein, lemak, vitamin, dan mineral juga meningkat seiring dengan bertambahnya usia kehamilan. Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan gizi selama kehamilan harus mengacu pada angka kecukupan gizi (AKG) yang dianjurkan sebagai upaya menjaga kesehatan ibu dan mendukung pertumbuhan janin secara optimal (Victoria, 2018).

3. Perubahan selama kehamilan

Selama kehamilan, tubuh ibu mengalami berbagai perubahan fisik, anatomi, dan hormonal yang berlangsung secara bertahap. Kehamilan dibagi menjadi tiga trimester, yaitu trimester I, trimester II, dan trimester III. Pada trimester I, perubahan yang umum terjadi antara lain mual dan muntah, pembesaran payudara, sering buang air kecil, mudah lelah, serta perubahan emosi yang ditandai dengan ketidakstabilan perasaan dan penurunan libido seksual. Memasuki trimester II, ibu hamil umumnya mengalami peningkatan nafsu makan yang disertai dengan penambahan berat badan. Payudara semakin membesar dan perut bagian bawah mulai tampak membesar seiring dengan pertumbuhan janin. Pada trimester III, perubahan fisik semakin nyata, antara lain janin mulai aktif bergerak atau menendang, payudara menjadi lebih besar dan kencang, puting susu menghitam dan membesar, muncul kontraksi ringan, serta peningkatan suhu tubuh. Perubahan-perubahan tersebut merupakan proses fisiologis normal sebagai bentuk adaptasi tubuh ibu terhadap kehamilan (Purnamasari, 2023).

B. Anemia

1. Pengertian anemia

Anemia merupakan kondisi jumlah sel darah merah atau hemoglobin kurang dari normal. Hemoglobin adalah komponen sel darah merah yang mengandung zat

besi dan berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh. Apabila seseorang mengalami anemia, kemampuan darah dalam mengangkut oksigen akan menurun sehingga dapat menimbulkan gejala seperti mudah lelah, sesak napas, sakit kepala, serta gangguan irama jantung (NHLBI, 2021). Gejala anemia yang tampak jelas adalah ketika kadar hemoglobin $<7,0$ g/dl, namun umumnya masyarakat mengenalnya istilah 5L yaitu lesu, lemah, letih, lelah, dan lalai (Mentari dkk., 2023). Masalah kesehatan yang menyebabkan penderitanya mengalami kelelahan, letih dan lesu hingga akan berdampak pada kreativitas dan produktivitasnya. Selain itu, anemia juga meningkatkan kerentanan pada saat dewasa serta melahirkan generasi yang bermasalah gizi (Kemenkes Republik Indonesia, 2020).

Anemia dapat disebabkan oleh kekurangan beberapa zat gizi penting yang berperan dalam pembentukan hemoglobin, seperti zat besi, asam folat, vitamin B12, dan vitamin C. Kelompok populasi yang rentan mengalami anemia antara lain anak di bawah usia lima tahun, remaja putri, wanita usia subur, ibu hamil, dan ibu nifas (Gilang Nugraha, 2023). Apabila tidak terdiagnosis dengan baik dan tidak ditangani dengan baik, anemia dalam jangka panjang dapat menyebabkan berbagai kerusakan pada organ tubuh yang memengaruhi kualitas hidup seseorang dan berakhir dengan kematian.

2. Patofisiologi anemia pada kehamilan

Anemia dapat terjadi pada setiap individu dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis kelamin, tempat tinggal, kebiasaan merokok, serta kondisi fisiologis tertentu, termasuk kehamilan. Pada kehamilan kebutuhan oksigen lebih tinggi sehingga memicu peningkatan produksi *eritropoetin*. Hal ini menyebabkan volume

darah (plasma dan eritrosit) juga meningkat. Namun demikian, peningkatan volume plasma terjadi dalam proporsi yang lebih besar dibandingkan dengan peningkatan jumlah eritrosit. Kondisi ini menyebabkan penurunan konsentrasi hemoglobin akibat hemodilusi. Selama kehamilan, volume darah dapat meningkat hingga sekitar 50%, dari $\pm$ empat liter menjadi $\pm$ enam liter. Peningkatan volume darah tersebut berfungsi untuk memenuhi kebutuhan sirkulasi uteroplasenta. Penurunan konsentrasi hemoglobin dan nilai hematokrit cenderung lebih ringan pada ibu hamil yang mengonsumsi zat besi secara adekuat (Bahar dkk., 2023). Hal tersebut terjadi saat usia gestasi enam minggu dimana peningkatan pesat pada plasma darah dan selanjutnya mulai melambat. Pada trimester II eritrosit mulai meningkat dan puncaknya pada trimester III (Widiastuti, 2024).

Selain bersifat fisiologis, anemia pada kehamilan juga dapat bersifat patologis akibat kekurangan zat gizi atau adanya gangguan kesehatan yang memengaruhi produksi dan fungsi eritrosit. Bentuk anemia yang paling umum pada kehamilan adalah anemia defisiensi besi, yang terjadi akibat pasokan zat besi yang tidak mencukupi untuk pembentukan sel darah merah. Akibatnya, sel darah merah yang terbentuk bersifat mikrositik dan hipokromik. Penurunan cadangan zat besi tubuh, termasuk zat besi plasma, menyebabkan berkurangnya massa sel darah merah dan kadar hemoglobin di bawah normal, sehingga menghambat transportasi oksigen ke jaringan tubuh (Widiastuti, 2024). Pada wanita hamil, defisiensi besi atau peningkatan permintaan zat besi terjadi selama trimester II dan III (Jannah dkk., 2025). Hal itu dapat terjadi karena peningkatan volume plasma dan penurunan kadar hemoglobin serta hematokrit selama kehamilan yang mencapai tingkat

terendah pada akhir trimester II dan meningkat lagi selama trimester III kehamilan (Tampubolon, Lasamahu dan Panuntun, 2021).

3. Faktor risiko anemia pada ibu hamil

a. Usia ibu hamil

Usia ibu hamil adalah usia terakhir ibu saat mengalami kehamilan dalam satuan tahun. Usia ibu hamil merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam menentukan risiko kesehatan selama kehamilan, persalinan, dan masa nifas. Komplikasi pada periode tersebut tercatat sebagai penyebab kematian kedua terbanyak pada ibu berusia 15–19 tahun. Menurut penelitian Maritasari dan Perdana (2022) ada hubungan signifikan antara usia ibu hamil dengan kejadian anemia, bayi yang dilahirkan oleh seorang ibu yang berusia di bawah 20 tahun berisiko lebih tinggi untuk mengalami kematian dalam 28 hari pertama kehidupannya jika dibandingkan dengan yang terlahir dari ibu berusia 20–30 tahun.

Hasil studi Istafa *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa perempuan berusia 20–24 tahun memiliki peluang dua kali lebih besar untuk melakukan kunjungan antenatal care (ANC) lebih dari empat kali dibandingkan perempuan berusia 15–19 tahun. Perempuan usia muda cenderung belum siap secara fisik maupun psikologis dalam menjalani peran sebagai ibu ketidaksiapan tersebut dapat memengaruhi kemampuan adaptasi terhadap perubahan fisik dan emosional selama kehamilan, yang pada akhirnya berdampak pada kondisi kesehatan ibu dan janin.

b. Usia Kehamilan

Usia kehamilan adalah waktu janin berada pada rahim yang terhitung menurut Hari Pertama Haid Terakhir (HPHT) sampai bayi lahir. Usia kehamilan dinyatakan dalam satuan minggu dan dibagi menjadi tiga trimester, yaitu trimester I (0–12

minggu), trimester II (13–27 minggu), dan trimester III (28–40 minggu). Ibu hamil pada usia berisiko yaitu usia ≥ 13 minggu dan ≥ 40 minggu memiliki sembilan kali lipat berisiko mengalami anemia daripada usia tidak berisiko yaitu usia ≤ 13 minggu (Jannah dkk., 2025) . Peningkatan risiko anemia pada trimester II dan III berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan zat besi. Pada periode ini, kebutuhan zat besi tidak dapat dipenuhi hanya dari asupan makanan harian. Oleh karena itu, meskipun menu harian mengandung zat besi yang cukup, ibu hamil tetap memerlukan suplementasi berupa tablet besi atau vitamin yang mengandung zat besi untuk mencegah terjadinya anemia (Putri dan Vera, 2020)

c. Paritas

Paritas adalah jumlah anak yang telah dilahirkan oleh seorang ibu baik lahir hidup maupun lahir mati. Ibu yang mempunyai anak $>$ tiga anak mempunyai risiko terjadi anemia dalam kehamilan dibandingkan dengan ibu yang mempunyai anak $\leq$ tiga anak. Karena pada kehamilan berulang dapat menyebabkan kerusakan pada pembuluh darah dan dinding uterus yang dapat memengaruhi sirkulasi nutrisi ke janin, kondisi ini menyebabkan semakin tinggi paritas ibu, semakin besar pula risiko terjadinya anemia (Hidayah dan Zenita, 2022). Semakin sering ibu melahirkan maka akan semakin tinggi risiko ibu mengalami anemia (Harna dkk., 2020).

d. Jarak kehamilan

Jarak kehamilan merupakan rentang waktu antara kehamilan sebelumnya dengan kehamilan sekarang. Jarak ideal antara persalinan terakhir dan kehamilan berikutnya adalah dua hingga lima tahun. Jarak kehamilan yang terlalu dekat $\leq$ dua tahun bisa menyebabkan risikonya kejadian keguguran, bayi dengan berat badan lahir rendah (kurang dari 2.500 gram), kematian janin dan kematian bayi, meningkatkan

terjadinya anemia karena status gizi ibu yang belum pulih dan memerlukan tambahan zat besi untuk meningkatkan jumlah sel darah merah dan membentuk sel darah merah janin dan plasenta (Putri dan Vera, 2020). Ibu dengan jarak kelahiran kurang dari dua tahun memiliki kemungkinan tiga kali lebih besar mengalami anemia dibandingkan ibu dengan jarak kelahiran lebih dari dua tahun (Abrori dkk., 2018). Penelitian Zaly *et al* (2024) juga menunjukkan adanya hubungan antara interval kelahiran yang pendek dengan kejadian bayi berat badan lahir rendah, di mana jarak kelahiran yang singkat meningkatkan risiko kelahiran bayi dengan BBLR.

e. Konsumsi tablet tambah darah (TTD)

Tablet tambah darah merupakan suplemen gizi penambah darah berbentuk tablet/kaplet/kapsul. Konsumsi TTD merupakan salah satu upaya penting dan merupakan cara yang efektif untuk mencegah dan menurunkan prevalensi anemia defisiensi zat besi atau asam folat. TTD diberikan kepada wanita umur subur dan ibu hamil yang dikonsumsi setiap hari selama masa kehamilan minimal 90 tablet (Najah dkk., 2024)

Menurut penelitian Putri, Habibah dan Swastini (2022) menunjukkan bahwa sebagian besar kasus kadar hemoglobin rendah pada ibu hamil di wilayah kerja Puskesmas Tampaksiring I terjadi pada mereka yang gagal mematuhi anjuran konsumsi tablet tambah darah (TTD), yaitu sebanyak 16 orang atau 42,11%. Hal ini menegaskan bahwa ketidakdisiplinan dalam mengonsumsi TTD menjadi penghambat utama dalam upaya pencegahan dan penanganan anemia defisiensi besi. Padahal, kepatuhan terhadap konsumsi TTD terbukti sebagai metode paling

efektif untuk meningkatkan kadar hemoglobin dan secara signifikan menurunkan prevalensi anemia pada ibu hamil hingga 20-25%.

Kepatuhan konsumsi tablet besi dapat diukur dengan melihat jumlah tablet yang dikonsumsi. Ibu hamil dikatakan patuh apabila mengonsumsi tablet besi sebanyak 30 tablet dalam satu bulan secara berturut-turut (Tendean dkk., 2025). Kurangnya asupan zat besi akibat ketidakpatuhan dalam mengonsumsi tablet besi berdampak buruk terhadap kesehatan ibu dan janin, serta meningkatkan risiko *prematuritas*, morbiditas, dan mortalitas fetomaternal (Wulan dkk., 2021). Penelitian Katmini and Puspitasari (2019) prevalensi anemia akan lebih rendah karena responden yang telah mengetahui dan menerapkan metode pencegahan anemia defisiensi besi.

f. Pengetahuan

Tingkat pendidikan dan pengetahuan ibu berperan penting dalam memengaruhi kejadian anemia selama kehamilan. Kurangnya pengetahuan mengenai kebutuhan zat besi pada ibu hamil dapat meningkatkan risiko terjadinya anemia (Hellyana *et al.*, 2019). Penelitian Putri dan Vera (2020) menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan responden berpengaruh terhadap kejadian anemia pada kehamilan. Seseorang yang berpendidikannya lebih tinggi akan mempunyai pengetahuan yang lebih luas dibandingkan dengan seseorang yang tingkat pengetahuannya lebih rendah. Dengan pendidikan, seseorang akan mengetahui mana yang baik dan mana yang buruk, mengetahui mana yang harus dilakukan dan mana yang tidak seharusnya dilakukan. Demikian halnya dengan bunda yang berpendidikan besar hendak periksakan kehamilannya secara tertib demi melindungi kondisi kesehatan dirinya serta anak dalam kandungannya.

g. Dukungan suami

Selama kehamilan, ibu sangat memerlukan dukungan dari keluarga, terutama dari suami. Dukungan suami berperan penting dalam membantu ibu menjalani masa kehamilan dengan lebih nyaman dan aman, mengingat suami merupakan orang terdekat bagi ibu dalam lingkungan keluarga. Penelitian Noviandri dan Abidin (2021) menunjukkan bahwa dukungan suami berpengaruh terhadap kejadian anemia pada ibu hamil, di mana sebanyak 53% responden mengalami anemia akibat kurangnya dukungan suami, dan 47% responden lainnya juga menunjukkan pengaruh faktor tersebut.

h. Status ekonomi

Faktor-faktor yang memengaruhi gizi ibu hamil terutama dengan anemia salah satunya status ekonomi. Pada penyakit anemia, status gizi merupakan salah satu penyebab terjadinya anemia. Hal ini sangat erat kaitannya dengan kondisi ekonomi mereka. Pada ibu hamil yang keluarganya mempunyai pendapatan di atas rata-rata mereka akan terpenuhi kebutuhan nutrisi dan gizinya, begitu juga sebaliknya bagi mereka yang mempunyai pendapatan di bawah rata-rata cenderung kebutuhan nutrisi dan status gizi pada ibu hamil kurang dari kebutuhan. Penelitian Noviandri dan Abidin (2021) menunjukkan bahwa status ekonomi merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi kejadian anemia pada ibu hamil di Puskesmas Proppo Kabupaten Pamekasan, Hampir seluruh kejadian anemia pada ibu hamil dalam penelitian tersebut dipengaruhi oleh faktor ekonomi, yaitu sebanyak 33 responden atau 92%.

4. Macam-macam anemia

Macam-macam anemia dapat diklasifikasikan berdasarkan riwayat klinis, yaitu anemia kongenital, akut, dan kronis. Selain itu, anemia juga dapat diklasifikasikan berdasarkan morfologi sel darah merah, seperti anemia mikrositik hipokromik, normositik normokromik, dan makrositik (Chaparro and Suchdev, 2019). Namun, pada kehamilan terdapat beberapa jenis anemia, menurut Astuti dan Ertiana (2018) macam-macam anemia pada ibu hamil diantaranya:

a. Anemia defisiensi besi

Anemia defisiensi besi merupakan jenis anemia yang paling sering terjadi pada ibu hamil dan disebabkan oleh kekurangan zat besi dalam tubuh. Kekurangan zat besi mengakibatkan terganggunya sintesis hemoglobin sehingga kadar hemoglobin dalam darah menurun. Anemia defisiensi besi pada ibu hamil dapat menimbulkan dampak buruk bagi ibu maupun janin. Kondisi ini meningkatkan risiko terjadinya perdarahan *antepartum* dan *postpartum* yang dapat berakibat fatal apabila tidak ditangani secara cepat dan tepat (Amalia dan Nurhayati, 2022).

b. Anemia megaloblastik

Anemia megaloblastik ditandai dengan adanya pembesaran eritroblas di sumsum tulang yang menyebabkan gangguan pematangan inti sel dan pembelahan eritrosit. Kelainan ini umumnya disebabkan oleh defisiensi vitamin B12 dan asam folat, yang mengakibatkan terganggunya sintesis DNA (Jayawardhana dan Kresnapati, 2022).

c. Anemia hemolitik

Anemia hemolitik merupakan kondisi anemia yang disebabkan oleh destruksi prematur sel darah merah sehingga masa hidup eritrosit menjadi lebih pendek dari

normal (<120 hari). Pada kondisi fisiologis, umur eritrosit berkisar antara 100–120 hari. Anemia hemolitik terjadi karena sumsum tulang tidak mampu mengompensasi peningkatan destruksi eritrosit, sehingga jumlah sel darah merah menurun secara signifikan (Gloria, 2026).

d. Anemia aplastik dan hipoplastik

Anemia aplastik merupakan suatu kondisi kegagalan sumsum tulang yang ditandai dengan pansitopenia pada darah tepi akibat penurunan produksi sel darah. Kelainan ini disebabkan oleh kerusakan atau supresi sel punca hematopoietik sehingga sumsum tulang menjadi hiposeluler tanpa adanya infiltrasi sel ganas atau fibrosis. Anemia aplastik umumnya disertai penurunan eritrosit, leukosit, dan trombosit. Kondisi ini dapat dipicu oleh berbagai faktor seperti penggunaan obat-obatan tertentu, paparan bahan kimia toksik, radiasi, infeksi virus, serta gangguan autoimun, meskipun sebagian besar kasus bersifat idiopatik (Zhang *et al.*, 2025).

C. Hemoglobin

1. Pengertian dan klasifikasi kadar hemoglobin

Hemoglobin merupakan komponen utama dari sel darah merah atau *Red Blood Cell* (RBC), berupa protein terkonjugasi yang berfungsi dalam transportasi oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh serta membawa karbondioksida kembali ke paru-paru. Komponen yang terkandung dalam hemoglobin adalah protein, garam, besi, dan zat warna. Kadar hemoglobin dalam darah dapat mengalami fluktuasi, baik berupa peningkatan maupun penurunan, tergantung pada kondisi fisiologis dan patologis seseorang (Saputri dkk., 2019). Tingkat hemoglobin adalah ukuran pigmen respiratorik dalam sel darah merah, dengan kadar normal sekitar 15 g per 100 ml darah (100%). Hemoglobin merupakan parameter yang digunakan secara luas

untuk menetapkan prevalensi anemia (Lantu dkk., 2016). Selain itu, kadar hemoglobin juga merupakan indikator status besi dalam tubuh yang memberikan gambaran kuantitatif mengenai derajat kekurangan zat besi (Widiastuti, 2024). Pada masa kehamilan jika terjadi kadar hemoglobin kurang dari 11g/dl dikatakan anemia, Dengan demikian, pemeriksaan kadar hemoglobin menjadi indikator laboratorium yang penting dalam menentukan prevalensi anemia pada ibu hamil (Nurfa'izah, 2025). Sejalan dengan hal tersebut, berdasarkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023) pedoman klasifikasi kadar hemoglobin untuk menentukan anemia pada ibu hamil

Tabel 1
Klasifikasi derajat anemia berdasarkan kadar hemoglobin pada ibu hamil

Kadar Hemoglobin (g/dl)	Derajat Anemia pada Ibu Hamil
$\geq 10,0$	Normal
9,9 – 8,0	Anemia Ringan
7,9 – 6,0	Anemia Sedang
$< 6,0$	Anemia Berat

Sumber : (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023)

2. Metode pemeriksaan kadar hemoglobin

Pemeriksaan penunjang dilakukan untuk menegakkan diagnosis anemia pada kehamilan, salah satunya melalui pemeriksaan kadar hemoglobin. Hemoglobin merupakan parameter status besi yang memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat kekurangan zat besi dengan sensitivitas sekitar 80–90%. Terdapat berbagai teknik pemeriksaan kadar hemoglobin, di antaranya sebagai berikut:

a. Metode Tallquist

Prinsip metode Tallquist adalah membandingkan warna darah segar dengan skala warna bertingkat, mulai dari merah muda hingga merah tua (10%–100%). Sebagai acuan, nilai 100% setara dengan kadar hemoglobin sebesar 15,8 g per 100

ml darah. Namun, metode ini kurang sesuai digunakan di Indonesia karena memiliki tingkat kesalahan yang cukup tinggi, yaitu sekitar 25–50%. Kesalahan tersebut dipengaruhi oleh faktor pencahayaan, ukuran dan ketebalan tetesan darah, suhu, serta kelembapan lingkungan (Faatih dkk., 2020).

b. Metode Sahli

Metode Sahli masih sering digunakan di klinik laboratorium kecil dan puskesmas karena peralatannya sederhana. Metode ini termasuk yang paling banyak dipakai di Indonesia dengan tingkat kesalahan sekitar $\pm 10\%$. Meskipun tidak memiliki ketepatan 100%, metode Sahli masih dianggap cukup untuk menentukan ada atau tidaknya anemia.

Keterbatasan metode ini antara lain penilaian warna secara visual yang kurang teliti, hematin asam yang bukan merupakan larutan sejati, serta alat hemometer Sahli yang tidak dapat distandarkan. Selain itu, tidak semua jenis hemoglobin dapat diubah menjadi hematin asam, seperti *karboksihemoglobin*, *methemoglobin*, dan *sulfhemoglobin*. Faktor lain yang dapat memengaruhi hasil pemeriksaan meliputi perbedaan kemampuan membedakan warna, kualitas sumber cahaya, kelelahan mata, kebersihan alat, ketepatan ukuran pipet, kalibrasi pipet, teknik pemipetan, serta kondisi gelas standar yang pucat atau kotor (Faatih dkk., 2020).

Prinsip pemeriksaan metode Sahli adalah pengenceran darah dengan larutan HCl sehingga hemoglobin berubah menjadi asam hematin. Campuran tersebut kemudian diencerkan dengan aquades hingga warnanya sama dengan warna standar pada tabung pembanding.

c. Metode tembaga sulfat

Metode tembaga sulfat umumnya digunakan untuk pemeriksaan kadar hemoglobin sebelum donor darah. Karena peralatannya sederhana, metode ini masih digunakan di beberapa laboratorium tertentu. Namun, metode ini memiliki margin kesalahan yang cukup besar, yaitu sekitar 15–30%, sehingga tidak sesuai untuk pemeriksaan klinik maupun penghitungan indeks sel darah merah. Metode ini bersifat subjektif dan tidak memberikan hasil kuantitatif yang akurat.

Prinsip metode ini adalah mengamati pergerakan tetesan darah yang dijatuhkan ke dalam larutan tembaga sulfat dengan berat jenis setara kadar hemoglobin 100 g/l. Pemeriksaan kemudian diulang dengan larutan setara kadar hemoglobin 80 g/l. Meskipun metode ini cepat, murah, dan sederhana, penerapannya terbatas karena ketersediaan reagen tembaga sulfat terstandar serta sifat reagen yang mudah mengalami evaporasi sehingga dapat memengaruhi ketepatan hasil (Faatih dkk., 2020).

d. Metode *cyanmethemoglobin*

World Health Organization (WHO) merekomendasikan pemeriksaan kadar hemoglobin untuk tujuan survei dan mengetahui prevalensi anemia adalah dengan menggunakan metode *cyanmethemoglobin* (Faatih dkk., 2020). Metode ini menggunakan spektrofotometer sebagai alat ukur. Prinsip pemeriksaannya adalah darah diencerkan dalam larutan kalium ferrisianida dan kalium sianida. Kalium ferrisianida mengoksidasi hemoglobin menjadi methemoglobin, kemudian kalium sianida membentuk senyawa *cyanmethemoglobin* (HiCN) yang memiliki daya serap maksimum pada panjang gelombang 540 nm. Reagen yang digunakan dikenal sebagai larutan drabkin, yang menghasilkan warna sebanding dengan kadar

hemoglobin dalam darah. Sumber kesalahan pada metode ini dapat berasal dari alat ukur, reagen, maupun teknik analisis. Menurut Hermawati *et al.*, (2021) hasil pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan spektrofotometer cenderung lebih tinggi dibandingkan hematology analyzer, namun masih berada dalam rentang yang sebanding. Keunggulan utama terdapat di reagen drabkin adalah kestabilannya dalam bereaksi dengan hampir semua bentuk hemoglobin, kecuali *sulphemoglobin*, yang umumnya terdapat dalam konsentrasi sangat kecil. Selain itu, metode ini memiliki acuan langsung dari WHO terkait klasifikasi kadar hemoglobin (Thakkar *et al.*, 2021).

e. Metode hematology analyzer

Hematology analyzer dengan metode impedance bekerja berdasarkan prinsip perubahan hambatan listrik. Sel darah yang telah dicampur dengan diluent akan melewati *aperture* yang dilengkapi dua elektroda dengan arus listrik yang mengalir terus-menerus. Ketika sel darah melewati aperture, terjadi peningkatan hambatan listrik yang sebanding dengan volume sel tersebut.

Selain metode *impedance*, hematology analyzer juga menggunakan metode optik atau *fluorescence flow cytometry* dengan sistem laser dan pewarnaan sel. Metode ini memungkinkan pengukuran tidak hanya berdasarkan ukuran sel, tetapi juga bentuk dan struktur sel. Keunggulan hematology analyzer antara lain waktu pemeriksaan yang lebih efisien, volume sampel yang lebih sedikit, serta ketepatan hasil yang lebih baik. Estimasi kadar hemoglobin menggunakan automated hematology analyzer masih dianggap sebagai gold standard karena hasilnya yang akurat dan andal. Namun, metode ini memiliki keterbatasan berupa biaya yang

relatif mahal, ketergantungan pada fasilitas laboratorium, serta kurang aplikatif di daerah terpencil (Faatih dkk., 2020).

f. Metode POCT (*Point of Care Testing*) atau hemoglobinometer digital

Penggunaan hemoglobinometer digital merupakan metode yang andal untuk menilai kadar hemoglobin secara kuantitatif. Alat ini bersifat portabel, mudah dibawa, dan praktis digunakan karena pengambilan sampel darah relatif sederhana serta tidak memerlukan penambahan reagen.

Prinsip kerja metode ini adalah *reflectance* atau pemantulan cahaya menggunakan strip khusus yang bereaksi dengan sampel darah. Warna yang terbentuk dari reaksi tersebut kemudian dibaca oleh alat untuk menentukan kadar hemoglobin (Faatih, 2017). Metode POCT sangat sesuai digunakan sebagai skrining awal anemia karena memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang baik, mudah dioperasikan, tidak memerlukan catu daya besar, serta dapat digunakan pada daerah dengan keterbatasan sumber daya tanpa memerlukan pelatihan khusus bagi tenaga kesehatan (Faatih dkk., 2020).