

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kopi

Menurut Merriam Webster Dictionary definisi kopi ialah minuman yang diperoleh dari biji kopi yang dipanggang, lalu diiseduh dengan cara infusi atau pekolasi dengan air panas (Wonorahardjo, 2022). Proses pembuatan kopi dimulai dari memetik buah kopi yang kemudian diambil bijinya dan diproses untuk dijadikan bubuk kopi yang siap diiseduh. Bubuk kopi tersebut kemudian dicampur dengan air panas dan diaduk hingga tercampur sempurna, menghasilkan minuman yang kaya akan rasa serta aroma khas dari biji kopi tersebut. Kopi menjadi salahsatu minuman yang sangat populer diseluruh dunia serta menjadi salah satu komoditas perdagangan yang penting di beberapa negara (Handika et al., 2023).

Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 24 Tahun 2023 tentang Persyaratan Keamanan dan Mutu Suplemen Kesehatan menyatakan bahwa konsumsi kafein memiliki batass maksimal yaitu 50 mg/saji dengan total konsumsi maksimal 150 mg/hari. Artinya minum kopi yang diperbolehkan tidak lebih dari tiga gelas perhari. Dan jika berlebihan akan memberikan dampak buruk terhadap kesehatan seperti menghambat proses penyerapan zat besi (Adiansyah et al., 2024).

Tanaman kopi tergolong dalam genus *Coffea* famili *Rubiaceae*. Genus *Coffea* sebenarnya mempunyai lebih dari 100 spesies, namun untuk dibudidayakan secara komersial hanya ada tiga yaitu, *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, dan *Coffea liberica* (Anam et al., 2023). Tanaman kopi bukanlah tanaman yang besar, cenderung menjadi tanaman perdu yang setinggi manusia. Biji kopi sendiri merupakan buah dari tanaman kopi yang berdaun lebar, buah ini terletak di batang, berupa biji kecil-kecil, yang jika telah matang bewarna merah (Wonorahardjo, 2022).

2.1.1. Spesies Tanaman Kopi

A. Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Kopi arabika merupakan jenis kopi yang memilliki cita rasa terbaik yang dihasilkan dari tanaman *Coffea arabica* yang berasal dari dataran tinggi

etiopia. Ukuran buah kopi arabika lebih besar daripada buah kopi robusta. Kopi arabika berbentuk bulat lonjong berisi dua buah biji dan warna kulitnya merah kehitaman saat buah sudah tua. Pemanenan kopi arabika perlu dilakukan dengan hati-hati karena buah pada tanaman kopi arabika akan mudah rontok dari tangkainya saat matang. Beberapa jenis kopi arabika yang sudah dikenal oleh masyarakat Indonesia maupun Dunia yaitu Kopi Arabika Toraja, Kopi Arabika Kintamani Bali, Kopi Arabika Aceh Gayo, dan Kopi Arabika Papua Wamena. Kopi arabika terkenal dengan cita rasa terbaik dibandingkan jenis kopi lain di dunia (Anam et al., 2023)

B. Kopi Robusta (*Coffea canephora*)

Robusta termasuk salah satu jenis kopi yang cukup populer di Indonesia dengan nama ilmiah *Coffea canephora* yang memiliki cita rasa kuat dan cenderung lebih pahit serta lebih asam daripada kopi arabika. Sehingga banyak disajikan sebagai bahan baku kopi siap saji serta campuran kopi racikan untuk meningkatkan kekuatan cita rasa kopi. Selain itu, kopi ini digunakan juga untuk membuat minuman kopi dengan susu seperti macchiato, cappuccino, dan cafe latte. Kopi robusta memiliki kafein yang lebih tinggi yaitu sekitar 2,2% daripada kopi arabika yaitu 1,2%. Sehingga efek stimulan yang diberikan kopi robusta dua kali lipat lebih besar. Kopi robusta yang terkenal di kalangan masyarakat Indonesia antara lain Robusta Lampung, Robusta Jawa, Robusta Flores, dan Robusta Toraja (Anam et al., 2023).

2.1.2. Kandungan kopi

A. Kafein

Kafein ($C_8H_{10}N_4O_2$) merupakan senyawa metabolit sekunder yang khas dari kopi jenis apapun. Kafein termasuk golongan alkaloid, yang pada umumnya disebut sebagai golongan senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen, dan bersifat sedikit asam. Kafein mempunyai nama ilmiah sesuai strukturnya, yakni 1,3,7-Trimethyl-1H-purine-2,6(3H,7H)-dione. Senyawa inilah yang menyebabkan kopi mempunyai efek stimulan yang terkenal, dan sekaligus penanda kopi. Kadar kafein dalam berbagai jenis kopi juga berbeda-beda. Tidak ada kopi yang tidak mengandung kafein, bahkan kopi yang sudah

dikurangi kafeinnya (*decaffeinated coffee*), masih mengandung senyawa ini dalam jumlah sedikit. Mengurangi kafein dalam kopi dilakukan dengan proses ekstraksi (Wonorahardjo, 2022)

Kafein ketika memasuki tubuh akan bekeja dengan cara merangsang sistem saraf pusat dan melalui peredaran darah diedarkan ke jaringan tubuh. Kafein akan memberikan efek fisiologis seperti peningkatan energi sehingga tubuh tidak mengantuk. Dalam waktu 15-120 akan terjadi peningkatan konsentrasi kafein setelah melewati proses pencernaan (Adiansyah et al., 2024; Budiman, 2018)

Selain kopi, kafein juga terdapat pada daun teh, buah kola, guarana dan mate. Kafein yang berlebihan akan menyebabkan keracunan (intoksikasi) kafein, yaitu mabuk akibat kafein. Gejalanya seperti kehausan, insomnia, kehausan, muka merah, sering kencing (*diuresis*), dan masalah gastrointestinal. Dan hal tersebut dapat terjadi meskipun mengonsumsi kafein hanya 250 mg dan apabila dikonsumsi lebih dari 1g kafein perhari maka gejala lain dapat terjadi seperti kejang otot (*muscle twitching*), kekusutan pikiran dan perkataan, aritmia kardium (gangguan denyut jantung), dan gejala psikomotor (*psychomotor agitation*) dapat terjadi. Keracunan kafein juga bisa menyebabkan kepanikan dan penyakit kehausan. Kafein termasuk zat psikoaktif yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Namun berbeda dengan zat psikoaktif lainnya karena kafein legal untuk dikonsumsi dan tidak diatur oleh hukum di hampir seluruh yurisdiksi dunia (Ismadi, 2010).

B. Senyawa Antioksidan

Senyawa antioksidan cukup banyak terkandung dalam kopi yang membantu tubuh dalam menangkal radikal bebas, seperti kanker. Contoh senyawa antioksidan dalam kopi adalah polifenol, flavonoid, prontosianidin, kumarin, asam klorogenat, dan tokoferol. Perebusan dapat meningkatkan manfaat antioksidan. (Budiman, 2019).

2.1.3. Benefit Mengonsumsi Kopi

Tubuh sebenarnya dapat menoleransi 2-3 cangkir kopi perhari karena dianggap lebih mendatangkan benefit daripada bahayanya. Berikut beberapa benefit dari mengonsumsi kopi :

A. Kopi Sumber Antioksidan

Senyawa antioksidan dapat membantu tubuh untuk memerangi dan menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel-sel tubuh sehingga sel-sel tersebut terpicu untuk tumbuh (Ismadi, 2010).

B. Kopi Mencegah Berbagai Penyakit

Secara terperinci manfaat kopi untuk mencegah berbagai penyakit adalah sebagai berikut:

1. Diabetes. Dari penelitian diseluruh dunia menunjukkan bahwa kopi meminimalisir resiko DM tipe 2 hingga 50%. Hal ini diduga karena asam klorogenik yang terkandung di dalam kopi memperlambat gula diserap dalam pencernaan. Kandungan ini juga merangsang pembentukan hormon yang mengatur penyerapan gula ke dalam sel yaitu GLP-1, hormon. Selain itu resistensi insulin juga dapat dicegah oleh kandungan tersebut yang merupakan pertanda adanya DM. Kandungan lain seperti triigonelin (provitamin B₃) juga diperkirakan membantu penyerapan gula menjadi lambat.
2. Kanker. Hasil studi secara konsisten menunjukkan bahwa kopi meminimalisir risiko kanker hati, payudara serta usus besar. Zat yang terkandung dalam kopi akan membatasi sel kanker yang tumbuh dan DNA yang rusak. Berdasarkan penelitian yang dipublikasikan di *The Journal of Nutrition*, wanita menjelang masa menopause yang minum kopi 4 cangkir perhari dapat mengalami penurunan risiko kanker payudara sebesar 38%.
3. Penyakit parkinson dan alzheimer. Risiko terkena Parkinson (syaraf) pada peminum kopi setengah lebih rendah daripada yang tidak minum kopi. Penyakit Alzheimer dan Parkinson cenderung tidak berkembang pada peminum kopi. Antioksidan dalam kopi akan mencegah sel yang rusak jika dikaitkan dengan Parkinson dan kafein akan menghambat inflamasi di dalam otak yang sering di hubungkan dengan Alzheimer.
4. Penyakit jantung dan stroke. Risiko penyakit jantung dan stroke tidak meningkatkan pada peminum kopi. Namun kopi justru sedikit mengurangi risiko stroke. Suatu penelitian dengan responden lebih dari 83.000 wanita berumur diatas 24 tahun menunjukkan bahwa mereka yang mengonsumsi

kopi 2-3 cangkir perhari berisiko terkena stroke 19% lebih rendah daripada mereka yang tidak mengonsumsi kopi. Studi terhadap sejumlah pria di Finlandia memberikan hasil yang sama.

5. Melindungi kulit. Risiko kanker kulit non-melanoma akan mengalami penurunan hingga 17 persen jika minum kopi 2-5 cangkir perhari. Kafein dapat memacu kulit untuk membunuh sel-sel prakanker dan menghentikan pertumbuhan tumor (Rukmana, 2014).

C. Menghilangkan rasa kantuk

Kafein dalam kopi meningkatkan kinerja psikomotorik tubuh yang mengakibatkan detak jantung lebih cepat sehingga tubuh selalu terjaga. Kemudian konsentrasi juga akan meningkat setelah minum kopi karena kafein mampu melancarkan peredaran darah serta memompanya ke jantung (Rukmana, 2014).

D. Kopi dan Kemampuan Kognitif

Kopi adalah minuman penolong ketika belajar atau begadang sehingga tidak mudah mengantuk. Kopi juga bisa memperbaiki *mood* sekaligus membuat lebih berenergi. Serta dapat meningkatkan kemampuan kognitif apabila diminum secara teratur. Penelitian baru ini menunjukkan, bila para relawan yang secara teratur minum kopi sekurangnya 1 - 2 cangkir perhari mempunyai nilai lebih tinggi pada kemampuan mengingat kembali memori jangka pendeknya. Begitu juga kemampuan spasial, kemampuan logika, maupun tes IQ secara umum. Studi lain mengatakan kafein dapat meningkatkan prolehan nilai pada serangkaian tugas yang berkaitan dengan kemampuan kognitif, seperti mengambil keputusan dalam waktu cepat belajar dan sulit terbangun saat tertidur pulas (Ismadi, 2010)

E. Kopi Melindungi Gigi

Senyawa asam pada kopi meminimalisir peluang untuk terjadinya gigi berlubang. Walaupun efek sampingnya mengakibatkan warna gigi putih menjadi buram. Sehingga disarankan untuk minum air putih setelah mengonsumsi kopi dan membersihkan gigi setidaknya 2-3 kali sehari sehingga warna putih gigi tetap terjaga. Kafein pada kopi mempunyai kemampuan *antibacterial* dan anti lengket sehingga menjaga gigi dari bakteri penyebab lubang. Mengonsumsi kopi

secangkir setiap harinya dapat mencegah kanker mulut hingga separuhnya (Ismadi, 2010; Rukmana, 2014).

2.1.4. Kerugian Mengonsumsi Kopi

Mengonsumsi kopi yang berlebihan dan dalam jangka waktu panjang juga berkontribusi dalam memberikan efek negatif bagi tubuh. (Nuryanti et al., 2020).

A. Kecanduan Kopi

Kandungan kafein pada kopi merupakan senyawa stimulan tingkat sedang (*mild stimulant*) karena bisa menimbulkan efek kecanduan bagi mereka yang mengkonsumsinya namun tidak seperti psikotropika. Efek kecanduan tersebut akan hilang dalam satu hingga dua hari setelah mengkonsumsinya (Abriyani et al., 2023). Peminum kopi secara kontinyu akan mengalami ketergantungan atau adiksi. Hal ini dikarenakan sifat kafein pada kopi yang termasuk zat adiktif akan mengakibatkan peminum kopi akan terbiasa dan terus-menerus mengonsumsi kopi (Kristanto & Diyono, 2021).

B. Menghambat penyerapan zat besi

Kafein dan polifenol yang terkandung pada kopi dapat menghambat proses absorpsi zat besi non-heme, kandungan kopi tersebut akan membentuk suatu ikatan kimia yang dapat berikatan dengan zat besi nonheme dan tidak mudah diserap oleh tubuh. Polifenol kopi dapat memengaruhi aktivitas enzim yang terlibat dalam metabolisme zat besi, yang berpotensi menyebabkan gangguan pemanfaatan zat besi. Dan Kafein juga dapat meningkatkan ekskresi zat besi dalam urin, yang mengakibatkan zat besi hilang di dalam tubuh (Muniroh, 2024). ketika absorpsi zat besi terhambat, maka zat besi dalam tubuh menurun sehingga sel darah merah dan hemoglobin juga ikut berkurang. (Hidayat & Widhiyastuti, 2022).

C. Mempengaruhi Tekanan Darah

Peningkatan risiko penyakit seperti hipertensi atau penyakit kardiovaskular dapat disebabkan oleh minum kopi yang berlebihan dalam kurun waktu yang lama. Tekanan darah seserong dengan kebiasaan mengonsumsi kopi yang berlebihan rata-rata lebih tinggi daripada yang tidak minum sama sekali (Nuryanti et al., 2020). Struktur kafein di dalam tubuh mirip dengan adenosin,

sehingga kafein dan reseptor adenosin akan berikatan sehingga sel otak terhalang untuk berikatan dengan adenosin yang berfungsi dalam menjaga otak dengan menekan aktivitas saraf simpatis dan melancarkan aliran darah menuju otot dan jantung. Karena ikatan antara kafein dan reseptor adenosin pada sel saraf maka akan merangsang produksi hormon adrenalin dan menyebabkan gangguan pada tekanan darah. Efek kafein bisa mengakibatkan pembuluh darah menyempit sehingga dapat tekanan darah meningkat serta diikuti peningkatan detak nadi (Naraswari et al., 2020).

D. Mengakibatkan Insomnia

Minum kopi sering dikaitkan dengan masalah insomnia. Ketika mengonsumsi kopi, jantung berdetak lebih cepat dan sehingga menjadi sulit tidur. Kafein dalam tubuh akan bekerja dengan berikatan dengan reseptor adenosin sehingga rasa kantuk akan hilang dan mengakibatkan tubuh tetap terjaga. Seseorang yang minum kafein secara teratur dan dalam jangka panjang dapat mengalami insomnia serta masalah kesehatan lainnya. Kafein, sebagai komponen utama dalam kopi, memiliki efek yang bervariasi tergantung pada dosisnya. Kafein dapat meningkatkan reaksi, suasana hati, dan kinerja mental jika dikonsumsi dalam dosis normal (50-200 mg), namun dosis yang lebih tinggi dapat menyebabkan gangguan tidur karena sifat stimulan dari kafein (Ranti et al., 2022).

2.1.5. Trend Kopi di Masa Kini

Pada masa ini kopi adalah salahsatu minuman yang dipopuler dikalangan masyarakat karena mempunyai beberapa manfaat terhadap peminumnya, seperti dapat membuat tubuh terjaga dan lebih segar sehingga tidak mengantuk. Aroma dan rasa yang dihasilkan juga dapat meningkatkan mood dan memberikan energi, terutama di pagi hari saat memulai aktivitas ((Naraswari et al., 2020; Jufrinaldi et al., 2024).



Gambar 2.1.5. Produksi Kopi Indonesia (2017-2022)

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Di Indonesia, produksi kopi terus meningkat dari tahun ketahun. Hal ini karena kebiasaan masyarakat Indonesia gemar mengonsumsi kopi bukan hanya untuk menghilangkan rasa haus namun juga untuk menemani dalam aktivitas sehari-hari (Hariri, 2025).

2.1.6. Warung Kopi dan *Coffee shop*

Di Indonesia jenis tempat minum kopi yang paling banyak ditemukan, ialahh warung kopi dan *coffee shop*. Warung kopi merupakan jenis tempat minum kopi yang biasanya ditemukan di pinggir jalan dengan menyediakan meja dan kursi sederhana bagi konsumen. Warung kopi biasanya diidentikkan dengan tempat nongkrong untuk kelompok tua yang menawarkan suasana yang sederhana dengan harga yang lebih terjangkau. Sedangkan *coffee shop* merupakan jenis tempat minum kopi dengan dekorasi interior yang menarik yang menawarkan berbagai macam varian kopi yang berasal dari berbagai negara, sehingga konsumen dapat menikmati jenis kopi yang beragam serta cita rasa yang unik dan berbeda-beda. *Coffee shop* lebih sering diidentikkan dengan tempat

nongkrong untuk kelompok muda yang menawarkan suasana yang santai dan modern dengan harga yang relatif mahal (Handika et al., 2023).

2.1.7. Olahan Kopi Hitam

Kopi hitam adalah jenis kopi yang disajikan dengan cara diesktraksi secara langsung tanpa bahan tambahan lainnya sehingga kafeinnya akan lebih tinggi dibandingkan kopi lainnya (Naraswari et al., 2020).

A. Kopi Hitam murni

Merupakan hasil ekstraksi secara langsung dari biji kopi yang direbus serta penyajiannya tanpa bahan tambahan lain (Rukmana, 2014).

B. Espresso

Espresso merupakan kopi yang mempunyai konsentrat yang sangat pekat. Cara membuatnya, yaitu kopi disemurkan oleh air panas dengan tekanan tinggi menggunakan mesin pembuat kopi. Espresso memiliki rasa yang sangat pahit dan digunakan sebagai bahan dasar untuk menyajikan kopi lainnya. Espresso disajikan dalam gelas kecil, banyak mengandung kafein, dan diminum dengan cepat. Selain orang Italia, orang Amerika juga sangat menyukai espresso (Ismadi, 2010).

2.1.8. Olahan Kopi kekinian

Indonesia yang merupakan salah satu negara pembuat kopi terbesar di dunia tidak hanya dikenal karena biji kopi berkualitas tinggi, tetapi juga karena kekayaan variasi cara menikmati kopi. Istilah kopi kekinian dipakai dalam menyebut minuman kopi dengan variasi rasa, aroma, serta tampilan yang menarik, serta didesain dengan kreatif serta unik. Cita rasa manis, segar, dan creamy dari es kopi kekinian sangat cocok untuk cuaca tropis Indonesia dan menjadi pilihan populer di coffee shop. Dalam pembuatan kopi kekinian ini menggunakan Espresso sebagai bahan utama racikan kopi. (Quamila, 2021; Elim et al., 2023).

A. Cappuccino

Cappuccino merupakan espresso dengan penambahan susu. Di Italia, cappuccino diminum saat sarapan. Namun cappuccino juga diminum sepanjang

hari atau sehabis makan malam di negara lain. Penyajian cappuccino biasanya dituang di dalam gelas sedang atau besar. Dan jika ingin menambahkan es dapat disajikan dengan gelas yang lebih tinggi.

B. Latte Macchaito

Latte Macchaito artinya setitik susu. Ketika disajikan *barista* atau pembuat kopi biasanya menggambar motif seperti daun, hati, dan lainnya sebagai penanda bahwa terdapat susu pada minuman tersebut. Cara penyajiannya ialah sedikit espresso dituangkan ke dalam segelas susu panas. Agar lebih nikmat, dapat menambahkan topping di atasnya seperti ditambahkan rasa vanila, cokelat, atau karamel.

C. Caramel Macchaito

Caramel Macchaito adalah campuran dari sirup vanila dengan susu panas (*steamed milk*), lalu dituangi espresso, dan diakhiri dengan saus karamel di atasnya. Saus karamel tersebut perlahan-lahan akan mencair ke dalam minuman. Kopi rasa karamel pun siap diminum. Caramel Macchaito ditemukan oleh Paul O'Neill tahun 1985 (Ismadi, 2010).

2.2. Hemoglobin

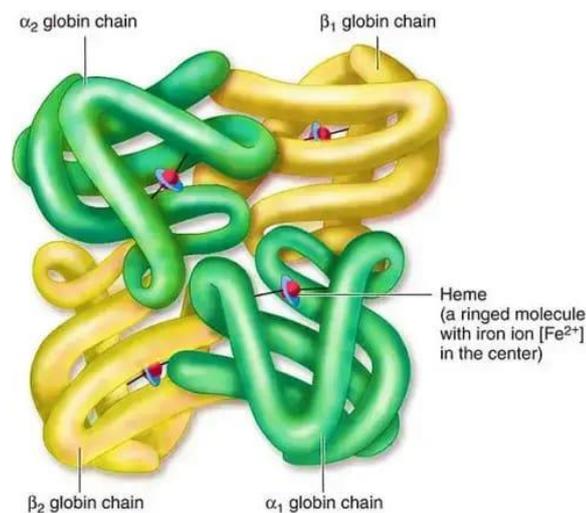
Sel darah merah atau eritrosit ialah sel tanpa inti yang bentuknya bikonkaf dan berperan sebagai transportasi oksigen (O_2) menuju jaringan serta mengangkut karbondioksida (CO_2) dari jaringan ke paru-paru. Untuk menjalankan tugas tersebut, eritrosit mengandung sebuah protein khusus yang disebut hemoglobin (Hoffbrand et al., 2005). Hemoglobin adalah sebuah protein pigmen berwarna merah yang mengangkut oksigen dalam sel darah merah dengan berat molekul 64.450 yang tersusun atas empat subunit, dan tiap-tiap subunit mempunyai satu gugus heme yang tekonjugasi oleh suatu polipeptida (Ganong, 2008)

Hemoglobin yang mengikat oksigen akan berwarna merah dan jika dalam kondisi kurang oksigen akan berwarna kebiruan. Sehingga pembuluh darah arteri yang kaya akan oksigen berwarna merah dan pembuluh darah vena yang rendah akan oksigen berwarna kebiruan. Jaringan tubuh memerlukan oksigen dalam menjalankan tugas-tugasnya. Apabila kekurangan oksigen terutama pada jaringan otak dan otot akan menyebabkan gejala antara lain konsentrasi berkurang dan

tidak bersemangat dalam beraktivitas. Kadar Hemoglobin normal dalam darah ialah 13-17,0 g/dL pada pria dan 12-16 g/dL pada wanita. Setiap eritrosit mengandung sekitar 200-300 juta molekul hemoglobin (Agustin & Sudrajat, 2024).

2.2.1. Struktur Hemoglobin

Terdapat dua struktur utama penyusun hemoglobin, yaitu heme dan globin, serta struktur tambahan.



Gambar 2.2.1. Struktur Hemoglobin

Sumber: BNO, 2024

A. Heme

Terdapat empat struktur heme yang dipusatnya mengikat empat atom besi membentuk Fe²⁺ yang dikelilingi oleh cincin protoporfirin IX. Protoporfirin IX ialah produk akhir hasil sintesis heme yaitu hasil dari sukksinil koenzim A dan asam delta-aminolevulinat yang saling berinteraksi didalam eritrosit berinti tepatnya pada mitokondria, dengan melewati beberapa perubahan produk yaitu porphobilinogen, uroporfirinogen, dan coproporfrin. Besi berikatan pada protoporfirin dalam membentuk heme. Apabila ada masalah walaupun di salahsatu produk maka bisa mengganggu fungsi hemoglobin.

B. Globin

Tersusun atas kumpulan asam amino yang dihubungkan bersama sehingga terbentuk rantai polipeptida. Hemoglobin dewasa tersusun atas dua pasang rantai polipeptida (disebut globin) yaitu dua rantai alfa dengan masing-masing

141 asam amino serta dua rantai beta dengan masing-masing 146 asam amino. Masing-masing rantai polipeptida atau globin akan berikatan dengan sebuah pigmen nonprotein yang disebut heme. Heme dan globin dihubungkan oleh ikatan kimia sehingga membentuk hemoglobin.

C. Struktur Tambahan

Struktur tambahan yang diperlukan hemoglobin ialah 2,3-difosfoglisarat (2,3-DPG), yaitu zat yang diperoleh melalui jalur Embden Meyerhof yang anaerob saat proses glikolisis. Struktur ini berkaitan dengan afinitas oksigen dari hemoglobin (Kiswari, 2014)

2.2.2. Sintesis hemoglobin

Heme disintesis melewati suatu rangkaian reaksi biokimia di mitokondria yang bermula dari glisin dan sukksinil koenzim A yang berkondensasi oleh kerja enzim yaitu asam 8-aminolevulinat (ALA) sintase sehingga menghasilkan asam 8-aminolevulinat (ALA). Piridoksalfosfat (vitamin B) merupakan koenzim pada proses ini yang dirangsang oleh eritropoietin. Selanjutnya protoporfirin IX dibentuk dari ALA yang melewati beberapa hasil produk yaitu porfobilinogen, uroporfirinogen, dan coproporfirin. Akhirnya, protoporfirin yang merupakan produk akhir dari sintesis heme, berikatan dengan besi bentuk ferro (Fe^{2+}) dalam membentuk heme, dimana setiap heme akan berikatan dengan satu rantai globin yang disintesis dari poliribosom, suatu kumpulan ribosom pembentuk protein. Suatu tetramer yang tersusun atas empat rantai globin dengan gugus heme nya lalu dibentuk dalam menyusun satu molekul hemoglobin (Hoffbrand et al., 2005).

2.2.3. Fungsi Hemoglobin

A. Transportasi Oksigen dari Paru-paru menuju Jaringan

Fungsi utama hemoglobin ialah transport O_2 dari paru-paru yang mempunyai tekanan O_2 yang tinggi menuju jaringan yang tekanan Oksigen rendah. Oksigen yang dibawa hemoglobin akan berikatan Fe^{2+} pada gema dan disebut dengan oksihemoglobin. Afinitas hemoglobin terhadap oksige dapat dipengaruhi oleh pH, suhu dan konsentrasi 2,3-bisfosfoglisarat (2,3-BPG) pada eritrosit (Ganong, 2008).

Satu molekul hemoglobin bisa mengikat empat oksigen di keempat ion besi dibagian pusat setiap rantai penyusun. Proses ini terjadi di alveoli paru-paru yang mempunyai lingkungan yang kaya oksigen. Di paru-paru afinitas hemoglobin terhadap oksigen tinggi (Kiswari, 2014). Saat darah beredar dari jantung menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis, maka hemoglobi aka mengikat oksigen dan di bawa sepanjang peredaran darah menuju jantung kemudian dialirkan ke seluruh tubuh. Ketika di kapiler, reaksi pelepasan oksigen terjadi dari ion besi (Fe^{2+}) di daerah yang afinitas oksigennya rendah sehingga oksigen bisa berdifusi keluar dari sel darah merah ke cairan interstitial lalu masuk kedalam setiap se- sel tubuh (Rosita et al., 2019).

B. Pengangkutan Karbondioksida dari Jaringan ke Paru-paru

Selain membawa O_2 dari paru-paru menuju jaringan, Hemoglobin juga memiliki fungsi untuk mengangkut karbondioksida. Ketika darah sampai pada kapiler lalu oksigen dilepaskan dari hemoglobiin, terjadi reaksi antara karbondioksida dan beberapa asam amino yang berikatan yang terdapat pada rantai globin penyusun hemoglobin. Kemudian darah yang membawa karbondioksida kembali keparu-paru untuk dilepaskan keluar dari tubuh (Rosita et al., 2019).

C. Pengatur Tekanan Darah dan Aliran Darah

Selain berperan sebagai pengangkutt oksigen dan karbondioksida, hemoglobin juga berrperan penting dalam mengatut tekanan darah erta aliran darah. Terdapat hormon berbentuk gas didalam darah yaitu Nitrit Oksida (NO), yang dihasilkan oleh sel endotell pelapis pembuluh darah. Hormon gas NO ini dengan hemoglobin akan berikatan. Pada beberapa kondisi, NO akan dilepaskan oleh hemoglobin sehingga terjadi pellebaran diameter pembuluh darah atau vasodilatasi karena relakksasi sel otot polos pada dinding pembuluh darah. Hal tersebut akan mengakibatkan peredaran darah meningkat serta laju penganggkutan oksigen ke sel-sel tubuh di sekitar area pelepasan meningkat (Rosita et al., 2019).

2.2.4. Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin

A. Asupan Zat Besi

Dalam sintesis hemoglobin memerlukan zat besi sehingga jika kekurangan zat besi termasuk yang diperoleh dari makanan akan menyebabkan ketidakseimbangan zat besi dalam tubuh sehingga kadar hemoglobin menurun. Zat besi berlebih di simpan dalam bentuk ferritin dan hemosiiderin di hati, sumsum tulangbelakang, dan sisanya disimpan digetah bening serta otot. Defisiensi zatbesi akan menyebabka penurunan kadar ferritin lalu menurunkan kejenuhan transferin atau meningkatkan prrotofofirin. Jika hal ini terjadi terus menerus mengakibatkan anemia defisiensi zatbesi atau kadar hemoglobin berada di bawah nilai normal (Putri et al., 2023)

B. Konsumsi Kafein

Kebiasaan minum kopi sesaat atau setelah makan dapat menyebabkan seseorang mengalami anemia dikarenakan penyerapan zat besi oleh tubuh akan terhambat oleh kandungan kopi. Kafein pada kopi bisa merusak serta menggagalkan peyerapan zat besi dengan cepat. Kafein juga bisa mengurangi jumlah eritrorit pada tubuh yang menyebabkan tubuh tidak mampu menyimpan dan mengangkut oksigen dari paru-paru menuju seluruh jaringan tubuh (Lain & Zurimi, 2021)

C. Aktivitas Fisik

Kadar hemoglobin bisa dipengaruhi oleh aktivitas fisik. Seseorang yang berolahraga secara rutin maka kadar hemoglobinnya akan meningkat. Hal ini dikarenakan terjadinya peningkatan aktivitas metabolik yang tinggi, asam yang diproduksi berupa ion hidrogen serta asam laktat akan semakin banyak, sehingga penurunan pH dan hemolisis intravaskuler akan terjadi. Afinitas hemoglobin terhadap oksigen akan menurun jika pH darah rendah. Ketika hal tersebut terjadi maka lebih banyak oksigen yang akan dilepaskan oleh hemoglobin menuju jaringan yang membutuhkan banyak oksigen seperti otot. Kondisi inilah yang akan mengakibatkan peningkatan kadar hemoglobin (Heriyanto et al., 2022).

D. Ketinggian

Hasil pengujian untuk beberapa analit darah menunjukkan variasi hasil yang signifikan terhadap orang yang tinggal didataran tinggi dan yang tinggal

didataran rendah atau permukaan laut. Ketinggian 1.400 m berpengaruh terhadap peningkatan kadar Hemoglobin (Hb) dan hematokrit hingga 8%. Latihan olahraga di ketinggian tersebut dapat memiliki efek yang sama. Daerah dataran tinggi dengan kadar oksigen rendah akan menyebabkan tubuh lebih banyak memproduksi eritrosit untuk memenuhi kebutuhan oksigen. Efek hipoksia pada ketinggian menyebabkan peningkatan eritropoietin. Salah satu fungsi eritrosit adalah membawa oksigen. Semakin tinggi tempat tinggal, maka semakin besar pula peningkatan jumlah eritrosit atau hemoglobin serta hematokrit.

2.2.5. Hubungan Konsumsi kopi dan hemoglobin

Kafein pada kopi akan mengganggu penyerapan zat besi dalam tubuh, sehingga eritrosit akan berkurang. Hal ini akan berdampak pada kemampuan tubuh dalam menyimpan dan mengantarkan oksigen dari paru-paru menuju seluruh jaringan tubuh yang membutuhkan (Marini & Stefani, 2024)

Senyawa polifenol dalam kopi juga dalam lumen usus akan membentuk ikatan kimia kompleks yang dapat berikatan dengan zat besi non heme dan tidak mudah diserap oleh tubuh sehingga menghambat penyerapan zat besi. Minuman ini memiliki kandungan senyawa fenolik dan telah terbukti sangat menghambat penyerapan besi dikarenakan kandungan yang terdapat pada kopi tersebut membentuk suatu ikatan. Polifenol kopi dapat memengaruhi aktivitas enzim yang terlibat dalam metabolisme zat besi, yang berpotensi menyebabkan gangguan pemanfaatan zat besi. Dan Kafein juga dapat meningkatkan ekskresi zat besi dalam urin, yang menyebabkan tubuh kehilangan zat besi (Huffman, 2025; Muniroh, 2024)

2.2.6. Anemia

Anemia termasuk suatu masalah gizi yang paling umum di seluruh dunia, terutama dikarenakan defisiensi zat besi. Anemia adalah kondisi dimana terjadi konsentrasi kadar hemoglobin dibawah normal yang disebabkan adanya gangguan metabolisme zat besi yaitu pada proses penyerapan, pengangkutan, penyimpanan, pemanfaatan dan pengeluaran. Hemoglobin menjadi parameter yang sering dipakai dalam menentukan anemia (Marlenywati & Kurniasih, 2020).

Kata anemia sering disalahgunakan sebagai diagnosis padahal kata tersebut lebih sesuai menyatakan tanda dan gejala dari suatu penyakit. Manifestasi klinis anemia terjadi akibat hipoksia jaringan. Anemia yang parah dapat disertai dengan kelemahan, vertigo, nyeri kepala, tinitus, mata berkunang-kunang, mudah lelah, menggantung, iritabilitas, dan bahkan perilaku yang aneh. Anoreksia, keluhan gastrointestinal, kadang-kadang ikterus dan splenomegalli yang akhirnya gagal jantung atau syok mungkin dapat terjadi (Kiswari, 2014). Kekurangan zat besi atau anemia defisiensi besi umumnya menyebabkan terganggunya proses yang berfungsi membawa oksigen keseluruh jaringan tubuh termasuk otak. Anemia juga dapat menyebabkan seseorang mudah lelah dan letih akibat menurunnya produksi tenaga dan akumulasi di dalam otot (Janah & Ningsih Surawa, 2021).

Salah satu faktor yang dapat meningkatkan terjadinya resiko anemia ialah mempunyai kebiasaan mengonsumsi makanan yang mengandung zat inhibitor seperti teh dan kopi bersamaan ketika makan. Alasannya ialah kandungan yang ada pada teh atau kopi dapat mengambat proses penyerapan zat besi dalam tubuh jika dikonsumsi kurang dari satu jam setelah makan (Marini & Stefani, 2024)

2.2.7. Konsentrasi Hemoglobin (g/dl) untuk Diagnosis Anemia

Tabel 2.2.7. Konsentrasi Hemoglobin untuk Diagnosis Anemia

Populasi	Anemia			Normal
	Berat	Sedang	Ringan	
Anak (6–59 bulan)	< 7,0	7,0–9,9	10,0–10,9	≥ 11,0
Anak (5–11 tahun)	< 8,0	8,0–10,9	11,0–11,4	≥ 11,5
Anak (12–14 tahun)	< 8,0	8,0–10,9	11,0–11,9	≥ 12,0
Wanita tidak hamil (> 15 tahun)	< 8,0	8,0–10,9	11,0–11,9	≥ 12,0
Wanita hamil	< 7,0	7,0–9,9	10,0–10,9	≥ 11,0
Pria (> 15tahun)	< 8,0	8,0–10,9	11,0–12,9	≥ 13,0

Sumber : (Mentari & Nugraha, 2023)

2.3. Pemeriksaan Kadar Hemoglobin

Pemeriksaan kadar hemoglobin menjadi salahsatu jenis pemeriksaan pada hematologi rutin yang dapat dilakukann secara manual maupun otomatis dengan tujuan menegakkan diagnosis anemia. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mengukur kadar hemoglobin dalam darah, antara lain, Hb Sahli, Hb Cyanmethemoglobin dan Hb POCT.

2.3.1. Hb Sahli

Prinsip metode sahli ialah kolorimetri dimana, kadar hemoglobin akan diukur secara visual dengan memperhatikan asam hematin yang terbentuk dari larutan yang berisi campuran darah dan HCL dan dilakukan pengenceran secara bertahap dengan cara menambahkan akuades sambil mengawati perubahan warna yang terbentuk. Kemudian warna tersebut akan dibandingkan dengan warna standar yang ada pada hemoglobinometer. Hasilnya akan dilaporrrkan dengan satuan g/dl. Pengukurran hemoglobin cara ini tidak dapat dipakai dalam menghitung indek eritrosit. Hal ini dikarenakan tingkat kesalahan yang tinggi serta penyimpangan mencapai 15–30 % (Mentari & Nugraha, 2023).

2.3.2. Hb Cyanmethemoglobin

Cyanmethemoglobin adalah pengukuran kadar hemoglobin semiotomatis yang diakui secara internasional dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dengan tingkat kesalahan pada metode ini mencapai $\pm 2\%$ (Hidayatussalihin et al., 2019). Prosesnya dilakukan dengan melakukan pengenceran dengan larutan pengencer Drabkin sehingga eritrosist lisis dan menjadi methemoglobin (MetHb), kemudain cyanmethemoglobin (CyanMetHb). Perubahan dari MetHb menjadi CyanMetHb disebabkan ditamhkannya larutan dengan kandungan kallium sianida dan feriisianida. Piigmen CyanMetHb berwarna kuning dibaca dengan fotometer dengan Panjang gelombang 540nm (Puspitasari et al., 2020).

2.3.3. Hb POCT

Metode point of care testing (POCT) adalah metode untuk mengukur kadar hemoglobin yang mudah untuk dilakukan. Keunggulan metode ini ialah proses pengambilan sampel yang mudah, menggunakan strip reagen kering, pemeriksaan cepat dilakukan, serta mudah dibawa. Memerlukan waktu yang sedikit untuk mengeluarkan hasil yang tertera pada layer. Prinsip metode potensial listrik adalah kadar hemoglobin diukur menurut perubahan potensial listrik yang terjadi karena adanya interaksi kimia antara darah dan elektroda yang ada pada strip reagen. Reaksi yang dihasilkan oleh strip reagen berbanding lurus dengan kadar hemoglobin dalam darah (Widianto et al., 2021).