

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

A. Minuman Beralkohol Bir

1. Definisi alkohol

Alkohol adalah senyawa yang mengandung gugus fungsional –OH yang terikat pada rantai karbon alifatik. Dalam strukturnya, gugus –OH berikatan kovalen dengan atom karbon. Jika hanya terdapat satu gugus –OH, senyawa tersebut disebut monoalkohol, sedangkan jika mengandung lebih dari satu gugus – OH, disebut polialkohol. Alkanol sendiri merupakan monoalkohol yang berasal dari turunan senyawa alkana. Secara umum, rumus kimia alkohol adalah $C_nH_{2n+1}OH$ atau dapat dituliskan sebagai ROH, di mana satu atom hidrogen dalam alkana digantikan oleh gugus – OH (Tulung, 2015). Minuman beralkohol termasuk dalam golongan zat adiktif yang apabila disalahgunakan dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan masyarakat serta menimbulkan permasalahan sosial. Minuman ini mengandung etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH), yang dihasilkan dari bahan pertanian berkadar karbohidrat melalui proses fermentasi, dengan atau tanpa dilanjutkan dengan destilasi (Lestari, 2019). Minuman keras diklasifikasikan ke dalam tiga golongan berdasarkan kadar kandungan alkoholnya, yaitu:

- a. Golongan A, yaitu minuman beralkohol dengan kadar etanol antara 1% hingga 5%, seperti bir.
- b. Golongan B, mencakup minuman dengan kadar etanol antara 5% sampai 20%, contohnya Martini, Port, dan anggur.

c. Golongan C, merupakan minuman dengan kandungan etanol antara 20% hingga 55%, misalnya wiski, vodka, dan brendi (Ginting, 2023).

2. Metabolisme alkohol

Alkohol dimetabolisme terutama di hati melalui kerja enzim alkohol dehidrogenase (ADH) dan aldehid dehidrogenase (ALDH), di mana etanol diubah menjadi asetaldehida dan selanjutnya menjadi asetat. Proses ini meningkatkan rasio NADH/NAD⁺ dalam sel hati sehingga menghambat proses glukoneogenesis, yaitu pembentukan glukosa dari sumber non-karbohidrat, yang pada kondisi tertentu, terutama saat asupan makanan rendah, dapat memicu terjadinya hipoglikemia. Namun demikian, minuman beralkohol seperti bir mengandung karbohidrat dan kalori dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga dapat meningkatkan kadar glukosa darah setelah dikonsumsi. Selain itu, konsumsi alkohol dalam jangka panjang berpotensi menyebabkan kerusakan pada hati dan pankreas, khususnya pada sel β yang berperan dalam produksi hormon insulin, serta mengganggu kemampuan hati dalam menyimpan dan melepaskan glukosa secara normal (Tritama, 2015).

Kondisi tersebut dapat menimbulkan resistensi insulin, yaitu keadaan ketika sel-sel tubuh tidak merespons insulin secara optimal, sehingga glukosa tidak dapat dimanfaatkan dengan baik sebagai sumber energi dan menyebabkan terjadinya penumpukan glukosa dalam darah atau hiperglikemia. Apabila keadaan ini berlangsung secara terus-menerus, maka risiko terjadinya diabetes melitus tipe 2 akan meningkat. Dengan demikian, konsumsi alkohol, khususnya bir, dapat memengaruhi kadar glukosa darah melalui gangguan metabolisme di hati, kerusakan fungsi pankreas, peningkatan asupan karbohidrat, serta terjadinya

resistensi insulin, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan risiko diabetes melitus (Tritama, 2015).

3. Bir

Bir adalah minuman beralkohol dengan tingkat konsumsi tertinggi kedua di dunia. Selain itu, bir juga dikenal sebagai minuman beralkohol tertua dan menduduki peringkat ketiga sebagai minuman paling populer setelah air dan teh. Proses pembuatan bir melibatkan fermentasi pati, yang umumnya berasal dari gandum, jagung, atau beras. Sebagian besar bir diberi tambahan perasa alami, seperti buah-buahan, untuk memberikan cita rasa dan aroma khas, sekaligus berfungsi sebagai pengawet. Namun, perasa dari tumbuhan juga sering digunakan (Cahyani, 2020).

Kandungan dalam minuman bir terbagi menjadi dua kategori, yaitu bahan utama dan bahan tambahan (*adjuncts*). Komponen utama yang digunakan dalam proses pembuatan bir meliputi air, malt, barley, dan ragi (*yeast*). Malt yang digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan bir terbagi menjadi dua jenis, yaitu A-malt dan C-malt. A-malt memiliki kadar ekstrak yang lebih tinggi serta harga yang lebih mahal dibandingkan C-malt. Komposisi malt yang digunakan biasanya terdiri dari 55% A-malt dan 45% C-malt. Perbedaan utama antara kedua jenis malt ini terletak pada kandungan gula, protein, serta nilai diastatic power-nya (Cahyani, 2020).

Pembuatan bir dilakukan melalui proses fermentasi, yang diawali dengan tahapan malting dan mashing. Pada tahap ini, polisakarida dipecah menjadi oligosakarida. Protein yang terlibat dalam proses tersebut berasal dari barley (*Hordeum vulgare L.*), yang kemudian diuraikan menjadi asam amino dan peptida

kecil oleh enzim proteolitik. Proses malting sendiri mencakup empat tahap, yaitu perendaman, perkecambahan, pengeringan, dan pemanggangan (Cahyani, 2020)

Kadar kelembaban (*moisture content*) pada barley ditingkatkan melalui proses perendaman, dari sekitar 12% hingga mencapai 45%. Selama proses perkecambahan, barley diaduk secara teratur dan dialiri udara lembab secara kontinu untuk menjaga agar biji-biji barley tidak saling menempel. Setelah proses perkecambahan berlangsung selama 4–5 hari, biji barley kemudian dikeringkan dan dipanggang untuk memperoleh warna serta cita rasa yang diinginkan. Selanjutnya, biji barley digunakan dalam proses fermentasi bir, yang dilakukan secara anaerob oleh ragi dan menghasilkan etanol serta gas karbondioksida (Cahyani, 2020).

B. Glukosa Darah

1. Pengertian glukosa darah

Glukosa darah adalah jenis gula yang terdapat dalam aliran darah, berasal dari pemecahan karbohidrat dalam makanan, dan disimpan dalam bentuk glikogen di hati serta otot rangka. Hormon yang berperan dalam mengatur kadar glukosa ini adalah insulin dan glukagon, yang diproduksi oleh pankreas (Rosares & Boy, 2022).

Kadar glukosa darah dipengaruhi oleh dua jenis faktor, yaitu faktor endogen dan eksogen. Faktor endogen meliputi hormon seperti insulin, glukagon, dan kortisol yang berperan sebagai sistem reseptor pada otot dan sel-sel hati. Sementara itu, faktor eksogen mencakup jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi, serta aktivitas fisik yang dilakukan (Hidayah, 2018)

2. Metabolisme glukosa darah

Sebagian besar metabolisme glukosa berfungsi menghasilkan energi bagi tubuh. Glukosa yang awalnya berbentuk disakarida akan dipecah menjadi monosakarida selama proses pencernaan di mukosa usus halus, dengan bantuan enzim disakaridase seperti maltase, sukrase, dan laktase, yang masing-masing bekerja secara spesifik pada jenis disakarida tertentu. Setelah menjadi monosakarida, gula tersebut kemudian diserap oleh usus halus (Firgiansyah, 2016).

Glukosa mengalami metabolisme menjadi piruvat melalui proses glikolisis, yang dapat berlangsung secara anaerob dengan menghasilkan laktat sebagai produk akhirnya. Pada jaringan yang melakukan metabolisme secara aerob, piruvat diubah menjadi asetil-KoA, yang kemudian masuk ke dalam siklus asam sitrat untuk dioksidasi secara menyeluruh menjadi CO_2 dan H_2O , serta berperan dalam pembentukan ATP melalui proses fosforilasi oksidatif (Firgiansyah, 2016). Melalui proses metabolisme, tubuh menghasilkan energi dalam bentuk ATP dan panas. Pembentukan ATP dan panas inilah yang menjadi inti dari metabolisme energi. Melalui jalur Glikolisis, Siklus Asam Sitrat, dan Rantai Transpor Elektron, sel-sel tubuh dapat memanfaatkan dan menyimpan energi dari makanan dalam bentuk ATP. Secara umum, metabolisme aerobik mampu menghasilkan energi dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan metabolisme anaerobik. Dalam kondisi aerobik, sebanyak 36 molekul ATP dapat diproduksi, sedangkan proses anaerobik hanya menghasilkan 2 molekul ATP. Energi yang tersimpan dalam ikatan molekul ATP dapat melepaskan sekitar 7,3 kilokalori per mol (Irawan, 2017).

3. Faktor – faktor yang mempengaruhi glukosa darah

a. Usia

Usia merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi kadar glukosa darah. Seiring bertambahnya umur, aktivitas fisik cenderung menurun. Kenaikan kadar glukosa paling sering ditemukan pada individu berusia di atas 45 tahun, meskipun tidak menutup kemungkinan bahwa orang yang berusia di bawah 40 tahun juga dapat memiliki kadar glukosa darah yang tinggi (Aryani & Kusumawati, 2018)

b. Indeks Masa Tubuh (IMT)

Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan indikator yang ditetapkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) untuk menilai proporsi berat badan terhadap tinggi badan. Nilai IMT diperoleh dengan mengukur berat dan tinggi badan secara terpisah, lalu membagi berat badan dengan kuadrat tinggi badan. Hasilnya dinyatakan dalam satuan kg/m^2 (Situmorang, 2017).

$$\text{IMT} = \frac{\text{berat badan (kg)}}{\text{tinggi badan (m)}^2}$$

Indeks Massa Tubuh (IMT), juga dikenal sebagai indeks Quetelet, merupakan metode skrining yang digunakan untuk menilai komposisi tubuh seseorang berdasarkan perbandingan antara berat badan dan tinggi badan. Nilai IMT diperoleh melalui perhitungan matematis yang melibatkan berat badan (BB) dan tinggi badan (TB). Di Indonesia, hasil perhitungan IMT diklasifikasikan ke dalam empat kategori, yaitu kurus, normal, gemuk, dan obesitas (Putra & Rizqi, 2018). Pengelompokan berat badan pada orang dewasa diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT). Jika IMT berada di bawah 18,5, maka individu dikategorikan sebagai kekurangan berat badan. IMT

antara 18,5 hingga 22,9 menunjukkan berat badan normal. Rentang IMT 23 hingga 24,9 menandakan kelebihan berat badan dengan risiko kesehatan. IMT antara 25 hingga 29,9 termasuk dalam obesitas tingkat 1, sedangkan nilai IMT di atas 30 dikategorikan sebagai obesitas tingkat 2 (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2023).

c. Lama konsumsi minuman bir

Alkohol yang dikonsumsi setiap hari dapat menyebabkan berbagai penyakit, salah satunya adalah gangguan pengaturan glukosa darah. Konsumsi bir dalam jangka waktu yang lama dapat mengganggu fungsi hati dan pankreas, yang berperan penting dalam mengatur kadar gula darah. Ketika alkohol masuk ke dalam tubuh secara terus-menerus, metabolisme glukosa di hati terganggu karena organ tersebut lebih memprioritaskan pemecahan alkohol dibandingkan pengolahan gula. Kondisi ini lama-kelamaan dapat menyebabkan resistensi insulin, yaitu keadaan ketika sel-sel tubuh tidak lagi merespons hormon insulin dengan baik. Akibatnya, kadar glukosa di dalam darah menjadi tinggi dan meningkatkan risiko terjadinya prediabetes hingga diabetes melitus tipe 2. Selain itu, konsumsi bir jangka panjang juga dapat memicu penumpukan lemak di hati (fatty liver), yang turut memperburuk metabolisme karbohidrat dan mempercepat kenaikan gula darah (Maliangkay dkk., 2020). Lama konsumsi minuman beralkohol bir dapat diukur dengan kategori 5 tahun keatas atau lebih dan kurang dari 5 tahun (Jayanti dkk., 2017).

d. Jumlah konsumsi minuman bir

Mengonsumsi minuman keras dalam jumlah banyak dan dalam waktu lama dapat merusak hati, jantung, pankreas, lambung, dan otot. Selain itu, terlalu

banyak minum bir juga dapat mengganggu pengaturan gula darah. Ketika alkohol masuk ke tubuh dalam jumlah besar, hati menjadi sibuk memproses alkohol sehingga tidak dapat mengatur glukosa dengan baik. Pankreas pun dapat melemah sehingga produksi insulin menurun. Akibatnya, gula darah bisa meningkat dan dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko terkena diabetes. Semakin banyak alkohol yang diminum, semakin besar pula pengaruhnya terhadap naiknya kadar glukosa darah (Lestari, 2019).

Batas mengonsumsi minuman alkohol bir dalam sehari adalah 355ml. Maka jumlah konsumsi minuman beralkohol bir dapat diukur dengan kategori 355 ml keatas atau lebih dan kurang dari 355 ml (Asaf, 2022)

e. Pola makan

Makanan yang kaya serat tidak hanya membantu menurunkan risiko diabetes melalui peningkatan pengendalian kadar gula darah, tetapi juga berperan dalam mengurangi risiko penyakit jantung serta menjaga berat badan tetap ideal. Sebaliknya, konsumsi makanan tinggi gula dapat menyebabkan peningkatan kadar gula darah. Selain itu, kebiasaan sering mengonsumsi makanan yang mengandung banyak karbohidrat juga dapat memicu naiknya kadar glukosa dalam darah (Jeklin, 2016).

f. Jenis kelamin

Prevalensi diabetes melitus (DM) sering kali lebih tinggi pada perempuan dibandingkan laki-laki. Secara umum, angka kejadian DM Tipe 2 memang dapat berbeda antara laki-laki dan perempuan, meskipun pada dasarnya keduanya memiliki peluang yang sama untuk mengalami penyakit tersebut. Namun, perempuan cenderung memiliki risiko lebih besar karena beberapa faktor yang

berkaitan dengan kondisi fisiologis dan hormonal. Salah satu faktor utamanya adalah kecenderungan peningkatan indeks massa tubuh (IMT) yang lebih tinggi pada perempuan, sehingga akumulasi lemak tubuh lebih mudah terjadi. Selain itu, perubahan hormonal yang berlangsung selama siklus menstruasi, masa premenopause, hingga pascamenopause dapat memengaruhi distribusi lemak tubuh dan metabolisme glukosa. Proses hormonal ini membuat perempuan lebih rentan mengalami gangguan metabolik yang dapat meningkatkan risiko berkembangnya diabetes melitus (Sari dkk., 2019).

4. Nilai normal glukosa darah

Gula darah sewaktu merupakan pengukuran kadar glukosa dalam darah yang dilakukan pada waktu tertentu tanpa harus berpuasa terlebih dahulu. Kadar glukosa darah sewaktu dianggap normal dari 80 - 140 mg/dl, dan dikategorikan tinggi apabila melebihi 140 mg/dl (Yulindasari, 2022).

Gula darah puasa merupakan kadar glukosa dalam darah yang diukur setelah individu berpuasa selama minimal 8 jam tanpa mengonsumsi makanan atau asupan glukosa. Pengukuran ini mencerminkan kondisi keseimbangan glukosa secara menyeluruh atau homeostasis glukosa. Pemeriksaan secara rutin dianjurkan menggunakan sampel darah puasa. Rentang normal kadar glukosa puasa berada antara 70 hingga 110 mg/dl (Yulindasari, 2022).

Pemeriksaan glukosa 2 jam post prandial adalah tes yang dilakukan dengan mengambil sampel darah dua jam setelah makan atau setelah mengonsumsi glukosa. Tes ini bertujuan untuk menilai respons metabolik tubuh terhadap asupan karbohidrat dua jam pasca makan. Nilai normal glukosa pada pemeriksaan ini adalah 80 - 140 mg/dl. Jika kadar glukosa kembali turun di bawah angka tersebut

dua jam setelah makan, hal ini menunjukkan bahwa tubuh memiliki mekanisme pembuangan glukosa yang normal. Sebaliknya, jika kadar glukosa tetap tinggi setelah dua jam, hal ini dapat mengindikasikan adanya gangguan dalam metabolisme glukosa (Yulindasari, 2022).

C. Hubungan Konsumsi Bir Dengan Glukosa Darah

Konsumen bir umumnya mengonsumsi minuman dalam jumlah berlebihan. Jika bir yang kaya akan karbohidrat dikonsumsi secara terus-menerus, hal ini dapat meningkatkan sensitivitas tubuh terhadap insulin, sehingga dibutuhkan lebih banyak insulin untuk menjaga kadar glukosa darah tetap dalam batas normal. Seiring waktu, kadar insulin dalam darah dapat meningkat secara terus-menerus, suatu kondisi yang dikenal sebagai resistensi insulin. Keadaan ini secara signifikan meningkatkan risiko berkembangnya penyakit diabetes melitus (DM) (Cahyani, 2020).

Konsumsi bir cenderung dilakukan secara berlebihan oleh para peminumnya. Bila dikonsumsi secara rutin, bir yang mengandung kadar karbohidrat tinggi dapat menyebabkan tubuh memerlukan lebih banyak insulin untuk menjaga kadar gula darah tetap stabil. Lama-kelamaan, kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan kadar insulin dalam darah secara terus-menerus, yang dikenal sebagai resistensi insulin. Resistensi ini menjadi faktor utama yang secara signifikan meningkatkan risiko terjadinya diabetes melitus (DM) (Ariwati dkk., 2023).

Konsumsi alkohol, terutama dalam jumlah yang berlebihan, dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan. Salah satu dampak yang mungkin timbul adalah penurunan kadar gula darah dalam tubuh. Alkohol dapat memicu kondisi hipoglikemia karena menghambat proses glukoneogenesis. Hipoglikemia

akibat konsumsi alkohol umumnya terjadi setelah periode puasa yang berkepanjangan dan asupan alkohol yang tinggi, ketika simpanan glikogen di hati telah habis dan proses glukoneogenesis terhambat. Metabolisme alkohol menyebabkan peningkatan kadar NADH dalam tubuh, yang pada akhirnya mengganggu jalannya glukoneogenesis. Kadar NADH yang tinggi akan menghambat perubahan laktat menjadi piruvat, padahal piruvat sangat dibutuhkan dalam proses pembentukan glukosa melalui gluconeogenesis (Suryanti, 2021). Konsumsi minuman beralkohol seperti bir, yang mengandung karbohidrat dalam jumlah tinggi, dapat menyebabkan peningkatan kadar gula darah dan merangsang produksi insulin dalam tubuh.

Sebuah studi prospektif yang melibatkan 12.261 peserta paruh baya dari *Atherosclerosis Risk in Communities Study* (1990–1998), yang dipantau selama 3 hingga 6 tahun, menunjukkan bahwa konsumsi alkohol dalam jumlah tinggi berkaitan dengan meningkatnya risiko diabetes tipe 2, terutama pada pria. Dalam penelitian tersebut, konsumsi alkohol dibagi menjadi tiga kelompok: individu yang tidak pernah mengonsumsi alkohol seumur hidup, mantan peminum, dan peminum aktif dengan berbagai tingkat konsumsi. Setelah mempertimbangkan faktor-faktor lain, ditemukan bahwa pria yang mengonsumsi lebih dari 21 minuman beralkohol per minggu memiliki risiko lebih besar mengalami diabetes tipe 2 dibandingkan dengan mereka yang hanya mengonsumsi satu minuman atau kurang per minggu (odds ratio = 1,50; 95% confidence interval: 1,02–2,20).

Risiko ini lebih banyak dikaitkan dengan konsumsi minuman keras dibandingkan bir atau anggur. Sementara itu, pada wanita tidak ditemukan hubungan signifikan antara konsumsi alkohol dan risiko diabetes tipe 2. Hasil

ini mendukung anggapan bahwa konsumsi alkohol berlebihan dapat meningkatkan risiko diabetes tipe 2 pada pria paruh baya, sedangkan konsumsi dalam jumlah sedang tidak menunjukkan peningkatan risiko baik pada pria maupun wanita. Selain itu, sekresi insulin yang dipicu oleh konsumsi alkohol dapat menghambat pemanfaatan glukosa oleh jaringan tubuh, sehingga menyebabkan peningkatan kadar gula dalam darah (Murwindra dkk., 2024).

Konsumsi alkohol secara berlebihan dapat meningkatkan risiko terjadinya diabetes, karena kandungan karbohidrat dalam minuman tersebut dapat menyebabkan lonjakan kadar gula darah. Kondisi ini berdampak pada produksi hormon insulin oleh sel beta di pankreas, yang tidak mampu mencukupi kebutuhan tubuh akibat meningkatnya resistensi terhadap insulin (Milita dkk., 2021).

Dampak alkohol terhadap kadar gula darah tidak hanya ditentukan oleh seberapa banyak alkohol yang dikonsumsi, tetapi juga dipengaruhi oleh jenis makanan yang dikonsumsi bersamaan. Di dalam tubuh, alkohol dicerna dengan cara yang mirip seperti lemak. Saat alkohol masuk ke dalam tubuh, ia dapat mengganggu fungsi hormon insulin, yang pada akhirnya dapat menyebabkan peningkatan kadar gula darah (Suryanti, 2021).

D. Metode Pemeriksaan Glukosa Darah

a. Metode GOD-PAP

Metode GOD-PAP (Glucose Oxidase–Para Amino Phenazone) merupakan salah satu teknik enzimatik yang digunakan untuk mengukur kadar glukosa dalam serum atau plasma. Dalam metode ini, enzim glukosa oksidase (GOD) mengubah glukosa menjadi asam glukonat dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Produk reaksi ini kemudian berinteraksi dengan fenol dan 4- aminoantipirin, membentuk senyawa

quinoimine berwarna, yang selanjutnya diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 546 nm. Intensitas warna yang terbentuk berbanding lurus dengan konsentrasi glukosa dalam sampel, sehingga kadar glukosa dapat ditentukan secara kuantitatif. Prinsip dasar metode ini adalah pemanfaatan enzim glukosa oksidase dan peroksidase dalam pembentukan warna merah quinoimine sebagai indikator, yang kemudian dianalisis dengan spektrofotometri. Metode GOD-PAP memiliki keunggulan seperti tingkat akurasi dan spesifisitas yang tinggi, waktu analisis yang relatif cepat, serta minimnya gangguan dari faktor eksternal seperti hematokrit, volume sampel, vitamin C, suhu, maupun kandungan lemak. Karena kelebihan ini, metode tersebut umum digunakan di banyak laboratorium klinis. Meski demikian, metode ini juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti kebutuhan volume sampel darah yang lebih besar, penggunaan reagen khusus, perlunya ruang tersendiri untuk alat spektrofotometer, serta biaya operasional yang cukup tinggi (Wulandari dkk., 2024).

b. Heksokinase

Prinsip pemeriksaan kadar glukosa darah menggunakan metode heksokinase dilakukan dengan menambahkan sampel ke dalam buffer yang mengandung ATP. Dengan adanya enzim heksokinase, glukosa akan difosforilasi menjadi glukosa-6-fosfat dan menghasilkan ADP. Selanjutnya, glukosa-6-fosfat bereaksi dengan NAD^+ yang dikatalisis oleh enzim glukosa-6-fosfat dehidrogenase sehingga membentuk 6-fosfoglukonat, NADH/NADPH , dan ion hidrogen. Konsentrasi glukosa kemudian ditentukan melalui pengukuran absorbansi menggunakan fotometer. Metode heksokinase memiliki keunggulan sebagai metode rujukan (*Gold Standard*) dalam pemeriksaan glukosa darah karena menggunakan enzim

yang sangat spesifik terhadap glukosa serta memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Selain itu, penggunaan serum atau plasma pada metode ini membuat hasil pemeriksaan tidak dipengaruhi oleh sel-sel darah. Namun, kelemahan metode ini adalah biaya pemeriksaan yang relatif tinggi akibat penggunaan enzim khusus yang spesifik terhadap glukosa (Widiastuti & Wati, 2020)

c. *Folin dan Wu*

Tes *Folin dan Wu* merupakan metode kimia yang digunakan untuk mengukur kadar gula darah. Pada metode ini, glukosa akan mereduksi ion tembaga dalam larutan tembaga oksida menjadi Cu_2O , kemudian ion tembaga yang sudah tereduksi tersebut bereaksi dengan molibdenum fosfat membentuk senyawa berwarna biru tua. Intensitas warna biru yang terbentuk berkaitan langsung dengan kadar glukosa dalam sampel darah. Meskipun metode ini memiliki sensitivitas yang tinggi, namun tingkat spesifisitasnya relatif rendah (Wulandari dkk., 2024).

d. *Furfural*

Metode furfural adalah teknik pengujian glukosa yang berbasis kimia. Dalam proses ini, glukosa bereaksi dengan reagen furfural seperti antroin, anilin, atau o-toluidin dalam kondisi asam, menghasilkan senyawa berwarna. Tingkat intensitas warna yang muncul berkaitan langsung dengan kadar glukosa dalam sampel. Kelebihan metode ini meliputi sensitivitas yang tinggi, kemudahan pelaksanaan, serta stabilitas reagen yang baik sehingga dapat disimpan dalam jangka waktu lama. Namun, metode ini juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain penggunaan reagen yang berpotensi membahayakan analis, dapat merusak alat, serta proses pengujian yang memerlukan waktu pemanasan yang cukup lama

(Wulandari dkk., 2024).

e. POCT

POCT (*Point of Care Testing*) adalah metode pengukuran kadar glukosa darah menggunakan enzim glukosa dehidrogenase dengan sampel darah kapiler. Metode ini memanfaatkan prinsip deteksi elektrokimia, di mana arus listrik yang terbentuk diubah oleh detektor menjadi sinyal yang mencerminkan konsentrasi glukosa dalam darah. Pada glucometer, enzim glukosa dehidrogenase pada strip tes mengubah glukosa menjadi glukolaktone, menghasilkan arus listrik yang kemudian dideteksi oleh alat. Untuk melakukan pengujian glukosa dengan metode POCT, pengguna hanya perlu menyalakan alat, melakukan kalibrasi, memasukkan strip tes, dan meneteskan darah pada strip yang secara otomatis menyerap sampel. Setelah sekitar 10 detik, hasil pengukuran bisa langsung dibaca. Metode POCT memiliki kelebihan, seperti tidak memerlukan reagen tambahan, serta kekurangan berupa akurasi yang terkadang belum optimal dan dapat dipengaruhi oleh kadar hematokrit. Selain itu, POCT juga menawarkan keuntungan lain seperti risiko kesalahan manusia yang lebih kecil, waktu proses yang lebih singkat, dan penggunaan reagen yang lebih hemat dibandingkan metode GOD-PAP (Wulandari dkk., 2024). Untuk memastikan tingkat akurasi glucometer, perlu dilakukan kalibrasi perangkat secara tepat serta menjalankan prosedur kerja sesuai dengan standar yang direkomendasikan. Selain itu, hasil pengukuran glucometer harus secara rutin dibandingkan untuk menjaga kualitas dan keandalannya (Saputri, 2023).