BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Glukosa Darah

2.1.1 Pengertian Glukosa

Glukosa adalah jenis karbohidrat yang berperan dalam produksi energi sebagai sumber energi. Glukosa diperoleh melalui makanan dengan kandungan karbohidrat, yang terdiri dari monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Didalam hati, karbohidrat mengalami metabolisme menjadi glukosa, yang berguna untuk produksi energi dalam tubuh (Rosares & Boy, 2022). Glukosa adalah monomer yang membentuk dasar dari beberapa molekul polisakarida, seperti amilum dan glikogen yang berperan sebagai sumber cadangan energi dalam organisme (Larasati et al., 2023).

2.1.2 Pengertian Glukosa Darah

Glukosa darah merupakan hasil dari konsumsi karbohidrat berupa gula yang terdapat didalam darah. Glukosa ini kemudian ditempatkan di otot rangka dan hati dalam bentuk glikogen. Dua hormon yaitu insulin dan glukagon yang diproduksi oleh pankreas akan mempengaruhi tinggi rendahnya glukosa dalam darah (Rosares & Boy, 2022). Glukosa darah memiliki fungsi sebagai bahan bakar untuk proses metabolisme dalam tubuh dan merupakan sumber energi utama otak (Wulandari et al., 2024).

2.1.3 Kadar Glukosa Darah

Kadar glukosa darah merupakan istilah yang merujuk pada konsentrasi glukosa dalam darah. Kadar atau konsentrasi glukosa dalam serum darah diatur dengan cermat dlam tubuh. Pada orang tanpa gejala diabetes melitus, konsentrasi glukosa dalam darah venanya secara umum antara 75-115 mg/dl. Secara umum, kadar glukosa darah sepanjang hari tetap dalam batas kisaran 70-150 mg/dl. Konsentrasi ini akan mengalami peningkatan setelah makan, dan dalam konsentrasi paling rendah pada pagi hari setelah bangun tidur sebelum makan (Alydrus & Fauzan, 2022).

Kadar glukosa darah normal menurut Direktorat Pencegahan Pengendalian Penyakit Tidak Menular di Kementrian Kesehatan RI yakni (Kemenkes, 2024):

Pemeriksaan	Sampel Darah	Nilai normal (mg/dl)
Kadar glukosa sewaktu	Vena	100-125
Kadar glukosa darah puasa	Vena	70-100

Tabel 2.1 Kadar Glukosa Darah Nomal
Sumber: Kemenkes, 2024

2.1.4 Gangguan metabolisme glukosa

A. Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus (DM) merupakan jenis penyakit metabolik yang terjadi karena kada gula darah tinggi diserta dengan gangguan hormon. Diabetes mellitus terjadi pada kondisi pankreas yang tidak dapat menggunakan insulin dengan baik. Pasien penderita DM sering disertai dengan penyakit komplikasi penyerta. Diabetes mellitus termasuk penyakit menahun yang terjadi akibat hierglikemia atau kadar glukosa meningkat diatas nilai normal dalam beberapa tahun (Rustiana et al., 2024).

Diabetes melitus diklasifikan sebagai berikut :

1) DM Tipe 1, Insulin Dependent Diabetes Melitus (IDDM)
2) DM Tipe 2, Non Insulin Dependent Diabetes Melitus (NIDDM)
3) DM Tipe 3, sering disebut diabetes sekunder atau DM tipe lain
4) Diabetes Melitus Kehamilan (DMK)
5) Diabetes Melitus Terkait Malnutrisi (DMMal).

B. Hiperglikemia

Hiperglikemia adalah kondisi medis dalam bentuk peningkatan kadar glukosa didalam darah yang diatas normal. Hiperglikemia merupakan salah satu tanda diabetes mellitus yang khas. Kadar insulin yang kurang didalam tubuh merupakan penyebab terjadinya hiperglikemia. Hiperglikemia dapat menyebakan sekresi insulin menurun sehingga resistensi insulin mengalami peningkatan. Resisitensi insulin didalam tubuh akan meningkatkan glukosa dalam darah dan produksi insulin semakin menurun. Hiperglikemia pada diabetes dalam jangka panjang dapat menyebabkan disfungsi bahkan kerusakan beberapa organ termasuk mata, jantung, ginjal dan pembuluh darah (Susanti et al., 2021).

C. Hipoglikemia

Hipoglikemia adalah suatu kondisi kadar glukosa serum menurun dengan atau tanpa gejala autonom dan neuroglikopenia. Hipoglikemia sering dialami oleh pasien DM tipe 1 diikuti DM tipe 2 yang sedang menggunakan terapi insulin. Penggunaan insulin pada penderita DM dapat memberikan efek samping hipoglikemia karena mekanisme obat yang mencegah kenaikan glukosa darah. Ketidakseimbangan antara suplai glukosa, jumlah glukosa yang digunakan dan tinggi insulin akan mengakibatkan terjadinya hipoglikemia (Sukmadani Rusdi, 2020).

2.1.5 Jenis-jenis pemeriksaan glukosa darah

A. Glukosa Darah Sewaktu (GDS)

Glukosa darah sewaktu atau random blood glucose (RBG) adalah Pemeriksaan kadar gula darah yang dilakukan pada satu waktu tanpa kewajiban puasa sebelumnya atau mempertimbangkan asupan sebelumnya. Kadar glukosa normal kurang dari 200 mg/dL. Hormon yang berpengaruh pada kadar glukosa adalah insulin dan glukagon yang berasal dari pankreas. Dalam pemeriksaan ini sampel dapat berupa serum, plasma atau darah kapiler. Pemeriksaan gula darah sewaktu bertujuan sebagai uji skrining adanya diabetes dan hipoglikemia serta pemantauan glukosa kapiler (Bahriah et al., 2024).

B. Glukosa Darah Puasa (GDP)

Glukosa darah puasa adalah konsentrasi glukosa darah yang diukur setelah dilakukan puasa dengan waktu 8-12 jam. Kadar glukosa ini akan menunjukkan jumlah glukosa hasil produksi hati, dengan nilai normal kurang dari 100 mg/dL. Sampel dalam pemeriksaan ini dapat berupa serum, plasma atau darah kapiler. Pemeriksaan glukosa darah dengan sampel plasma puasa dapat menjadi uji skrining, penegakan diagnosa dan pemantun kontrol, sedangkan pemeriksaan dengan menggunakan sampel darah kapiler digunakan sebagai uji skrining dan pemantauan kontrol (Sunita, 2021).

C. Glukosa Darah 2 Jam Post Prandial (GD2PP)

Glukosa 2 jam post prandial adalah jenis pemeriksaan glukosa darah dengan sampel darah yang diambil 2 jam setelah konsumsi karbohidrat. Pemeriksaan glukosa 2 jam post prandial umumnya dilakukan dengan tujuan menguji responsi

metabolik terhadap konsumsi krbohidrt 2 jam setelah konsumsi. Kadar normal glukosa 2 jam post prandial yakni 140 mg/dL. Glukosa darah setelah setelah 2 jam setelah makan menunjukkan dibawah 140 mg/dL, artinya glukosa darah kembali ke kadar normal dan ekskresi glukosa pasien normal. Namun, Glukosa darah setelah setelah 2 jam setelah makan menunjukkan diatas 140 mg/dL, mengindikasi adanya gangguan dalam proses metabolisme glukosa dalam tubuh (Alydrus & Fauzan, 2022).

D. Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) adalah pemeriksaan glukosa darah puasa dan pada 1/2 jam, 1 jam, serta 2 jam setelah konsumsi glukosa. Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) memiliki sensitivitas dan spesifikasi lebih baik daripada pemeriksaan glukosa plasma puasa. Pemeriksan ini ditujukan kepada pasien yang memenuhi kriteria diagnostik DM dengan kadar glukosa darah tinggi dan memiliki gejala klinis DM. Kadar normal TTGO adalah 70-110 dalam keadaan puasa dan kurang dari 125-160 mg/dL setelah pemeberian glukosa (Adnyana et al., 2020).

2.1.6 Faktor yang mempengruhi glukosa darah

A. Usia

Sebagian besar penderita DM adalah orang dewasa atau lanjut usia, yakni berusia diatas 50 tahun. Hal ini disebabkan oleh menurunnya sistem metabolisme tubuh seiring bertambahnya usia. Pertambahan usia ini diiringi jumlah penyakit penyerta seperti (penyakit jantung, stroke dan gagal ginjal), sehingga pengobatan penyakit akan berdampak pada stbilitas glukosa darah. Penurunan aktivitas akibat penuaan berakbiat pada peningkatan kadar glukosa darah dan resistensi insulin sehingga kerja insulin kurang efektif yang memperlambat metabolisme glukosa (Setianto et al., 2023).

B. Pola Makan

Mengonsumsi karbohidrat terlalu banyak dapat meningkatkan kadar glukosa darahdn meningkatkan risiko hiperglikemia. Kandungan makanan yang harus diatur untuk menghindari peningkatan glukosa diluar kontrol selain karbohidrat berlebih yakni gula atau pemanis makan dan lemak. untuk penderita DM, semakin sedikit konsumsi karbohidrat semakin besar peluang normalnya kadar glukosa darah. Asupan karbohidrat yang berlebihan akan memicu obesits dan

resistensi insulin karena glukosa tidak dapat disimpan dengan optimal (Setianto et al., 2023).

C. Jenis Kelamin

Laki-laki memiliki risiko lebih tinggi mengalami kadar glukosa tinggi dibandingkan perempuan. Perempuan dapat menderita DM ketika kedua kromosom "X" memiliki gen DM dan jika salah satunya saja akan bersifat Carrier. Sedangkan kromosom "X" yang membawa gen DM akan otomatis menderita DM. Maka dari itu, perbandingan laki-laki penderita DM lebih tinggi. Selain itu, laki-laki cenderung lebih mudah ketergantungan alkohol yang dapat mengganggu metabolisme glukosa (Setianto et al., 2023).

D. Alkohol

Di Indonesia, faktor risiko diabetes umumnya adalah obesitas umum (sekitar 10,3%), obesitas sentral (sekitar 18,8%), kebiasaan merokok (23,7%), kurangnya asupan buah dan sayur (93%), kurangnya aktivitas fisik seperti olah raga menyumbang 48,2% serta konsumsi alkohol (4,6%). Alkohol banyak mengandung karbohidrat yang konsumsinya secara berlebihan dapat meningkatkan kerja pankreas memproduksi insulin sehingga kadar glukosa naik. Mengkonsumsi alkohol >60 ml/hari dapat mengganggu regulasi glukosa darah dan meningkatkan risiko hipertensi (Elisabeth et al., 2024).

2.1.7 Metode-metode pemeriksaan glukosa

A. Metode GOD-PAP (Glucose Oxidase-Peroxidase Aminoantypirin)

Metode GOD-PAP (Glucose Oxidase-Peroxidase Aminoantypirin) merupakan metode enzimtik yang mengoksidasi glukosa pada sampel plasma atau serum menjadi asam glukonik dan H2O dengan bantuan enzim GOD, kemudian bereaksi dengan fenol dan 4-aminoantipirin untuk membentuk quinomine lalu diukur menggunakan spektrofotometer dipanjang gelombang 546 nm. Metode GOD-PAP memiliki prinsip penggunaan glukosa oksidase atau peroksidase dengan indikator quinoneimine merah. Spektrofotometer akan mengukur intensitas warna, sehingga konsentrasi glukosa bergantung pada warna yang dihasilkan. Metode ini memiliki akurasi tinggi, spesifitas, efisiensi, dan gangguan yang relatif sedikit (hemtokrit, vitamin C, volume sampel, lipid dan suhu). Oleh karena itu, kebanyakan laboratorium cenderung menggunakan metode ini. Disamping itu, metode ini

memerlukan volume sampel darah yang lebih besar, reagen tertentu,dan lokasi penggunaan spektrofotometer (Lestari et al., 2024)

B. Metode POCT (Point Care of Testing)

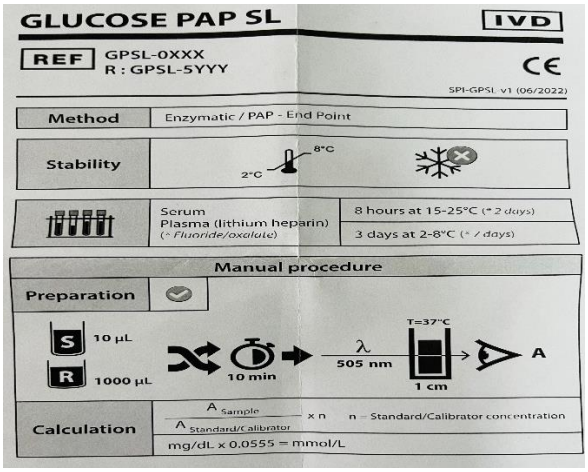
Metode POCT (Point Care of Testing) adalah suatu metode penetapan kadar glukosa darah menggunakan glucose dehydrogenase pada sampel darah kapiler. Pemeriksaan ini berdasarkan prinsip enzim glucose dehydrogenese dalam strip tes mengubah glukosa menjadi glukolakton. Reaksi ini menghasilkan arus listrik yang dideteksi glukometer. POCT tidak memerlukan reagen dalam pemeriksaannya dan sampel darah cenderung sedikit. Namun, keakuratan dan dapat dipengaruhi oleh nilai hematokrit menjadi kelemahan metode ini. Metode POCT umumnya digunakan sebagai uji skrining (Wulandari et al., 2024).

C. Metode Hexokinase

Metode Hexokinase adalah metode yang menggunakan heksokinse sebagai katalis untuk mengubah glukosa menjadi glukosa-6-fosfat dan ADP (Adenin difosfat). Smpel akan diukur dengan pengukuran kalorimetri pada 340 dan 383 nm menggunakan instrumen Dimension RXL Max dan Kone Lab 60i. Hasil dari metode heksokinase lebih spesifik untuk reaksi glukosa-6-fosfat dehidroginase dan lebih sedikit gangguan daripada GOD-PAP sehingga lebih akurat untuk pengukuran glukosa darah. Namun, metode ini jarang dilakukan karena memerlukan penggunaan alat yang otomatis (Wulandari et al., 2024).

2.1.8 Prinsip Kerja Alat Microlab 300

Microlab 300 memiliki prinsip spektrofotometri yaitu dengan melewatkan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu pada objek kaca yang disebut kuvet. Pengukuran pada alat microlab 300 memiliki prinsip pengukuran kekeruhan larutan dengan mengukur hilangnya intensitas cahaya pada panjang gelombang tertentu akibat adanya hamburan partikel-partikel tersuspensi dalam larutan. Berdasarkan KIT (Komponen Instrumen Terpadu) pada pengukuran glukosa dengan metode GOD-PAP (Glucose Oxidase-Peroxidase Aminoantypirin) panjang gelombang sebesar 505 nm.



Gambar 2.1 KIT Glukosa
Sumber: Dokumen Pribadi

2.2 Tuak

Tuak merupakan minuman tradisional beralkohol yang merupakan bagian dari budaya berbagai daerah di Indonesia. Konsumsi tuak di Indonesia adalah suatu kebiasaan budaya, termasuk bagi suku batak. Dalam beberapa perayaan atau acara besar suku batak tuak sering dihidangkan sebagai minuman. Tuak adalah minuman hasil fermentasi nira kelapa atau aren yang mengandung alkohol sebanyak 4%, serta glukosa hasil dari karbohidrat dalam bahan dasar tuak itu sendiri (Wahyuni, 2023).

Gambar 2.2 Tuak
Sumber: Dokumen Pribadi

2.2.1 Proses pembuatan

Produksi tuak melibatkan fermentasi getah bunga pohon nira aren atau kelapa yang cocok untuk pembuatan tuak. Alkohol dalam tuak diperoleh melalui

proses fermentasi dari karbohidrat dan ragi (Aryasa et al., 2019). Umumnya, pohon aren yang cocok untuk diambil niranya berusia 10 tahun keatas dengan tinggi sekitar 6-7 meter, atau sudah menghasilkan bunga kelapanya untuk diambil niranya. Proses pembuatan tuak diawali dengan mengiris-iris ujung bunga pohon aren untuk mendapatkan niranya. Wadah yang akan menampung nira, diikat untuk menampung nira yang keluar serta dilengkapi dengan serabut kelapa pada wadahnya untuk menghasilkan tuak yang berkualitas dengan aroma yang khas. Selain itu pemberian serabut kelapa ini juga bertujuan untuk menghambat proses fermentasi nira dalam oksdiasi dari alkohol menjadi cuka. Hasil dari beberapa pohon aren yang dikumpulkan akan disaring untuk menghilangkan kotoran sebelum difermentasi. cairan nira sebelum proses fermentasi awalnya memiliki rasa sangat manis dan tidak memiliki kandungan alkohol. Nira yang sudah bersih dari kotoran dituangkan dalam botol kemudian difermentasi sekitar 6-8 jam untuk menghasilkan alkohol. Setelah proses fermentasi selesai, tuak siap untuk dikonsumsi (Kartika, 2022).

2.2.2 Kandungan tuak

Tuak adalah minuman fermentasi yang mengandung alkohol dan gula yang tinggi. Kandungan alkohol yang terkandung dalam tuak berada pada kadar 4%. Tuak yang mengandung alkohol, dapat mempengaruhi kinerja pankreas dalam memproduksi insulin. Selain itu, tuak umumnya dibuat dari nira aren atau nira kelapa. Nira aren secara umum terdiri dari air (80-90%), glukosa yang terdiri atas sukrosa dan fruktosa (12,30-17,40%) dan gula pereduksi (0,5-1%) serta komponen lain (1,5-7%). Tingginya kadar glukosa semakin meningkatkan risiko kenaikan kadar gula darah (Wahyuni, 2023). Reaksi kimia pada proses fermentasi glukosa pada minuman tuak sebagai berikut:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(Glukosa) (etanol) (karbon dioksida)

Berdasarkan reaksi kimia diatas diketahui bahwa dalam pembuatan tuak, glukosa mengalami fermentasi oleh ragi menjadi etanol (alkohol) dan karbon dioksida. Sehingga tuak mengandung alkohol karena hasil fermentasi glukosa oleh ragi.

2.3 Pengaruh konsumsi tuak terhadap glukosa darah

Konsumsi alkohol dapat meningkatkan kadar gula darah. Hal ini dikarenakan konsumsi alkohol yang berlebihan dapat menghambat metabolisme. Seseorang yang mengkonsumsi alkohol memiliki kecenderungan untuk ketergantungan. Menurut WHO seorang pecandu alkohol yang putus alkohol atau berhenti akan memiliki gejala setelah 6-24 jam setelah konsumsi terakhir. Gejala ini ditandai dengan tremor, mual, cemas, depresi, berkeringat, sakit kepala dan kesulitan tidur (Berutu & Gea, 2024).

Proses fermentasi air nira akan memproduksi tuak yang mengandung air 88,8%; protein 0,23%; lemak 0,2%; mineral 0,03% dan karbohidrat 11,8% dan alkohol 4-5%. Alkohol tuak memiliki efek psikoaktif dan mengandung etanol yaitu senyawa yang dapat menekan fungsi sistem kekebalan tubuh. Konsumsi alkohol dalam jumlah yang berlebihan dapat mengganggu fungsi sel darah putih, yang merupakan komponen penting dalam sistem kekebalan tubuh dan menyebabkan gangguan pada organ tubuh lainnya, yaitu hati dan pankreas (Wahyuni, 2023). Gangguan pada pankreas dapat menyebabkan gangguan pada peningkatan jumlah insulin yang disekresikan oleh sel beta pankreas. Pada penderita gangguan toleransi glukosa, kondisi ini terjadi akibat sekresi insulin yang berlebihan, dan kadar glukosa akan tetap pada level normal atau sedikit meningkat. Namun, jika sel beta tidak dapat memenuhi permintaan insulin yang meningkat, maka kadar glukosa akan meningkat dan diabetes tipe II akan berkembang (Lestari et al., 2021).

Hormon insulin memiliki peran yang esensial dalam pengaturan metabolisme glukosa. Ketika insulin berikatan dengan reseptornya, ini memicu serangkaian aktivasi enzim-enzim yang terlibat dalam metabolisme glukosa. Insulin mengaktivasi enzim glukokinase di hati dan otot, yang mengkatalisis perubahan glukosa menjadi glukosa-6-fosfat, langkah awal dalam penyimpanan glukosa sebagai glikogen. Insulin juga menghambat enzim glukosa-6-fosfatase yang bertanggung jawab atas perubahan glukosa-6-fosfat kembali menjadi glukosa di hati, mengurangi pelepasan glukosa ke dalam darah. Sehingga kadar glukosa dalam darah tetap stabil (Rahman, 2024).

2.3.1 Pengaruh usia peminum tuak terhadap kadar glukosa darah

Faktor usia sering dikaitkan dengan peningkatan kadar glukosa darah. Seiring bertambahnya usia, tubuh mengalami berbagai perubahan fisiologis dan biologis yang dapat mempengaruhi metabolisme gula darah. Toleransi glukosa cenderung menurun seiring penuaan, yang berkontribusi terhadap tingginya prevalensi diabetes dan hiperglikemia pada populasi lanjut usia. Intoleransi glukosa terkait usia pada manusia sering disertai dengan resistensi insulin, meskipun kadar insulin dalam darah tetap mirip dengan individu yang lebih muda. Tuak, yang mengandung alkohol, dapat mempengaruhi kinerja pankreas dalam memproduksi insulin. Pada usia lanjut, kemampuan organ untuk memperbaiki diri juga menurun, sehingga peradangan pankreas dapat semakin parah. Menurut BKKBN, kelompok usia dewasa dan lansia dibagi menjadi tiga kategori, yaitu dewasa muda (25–39 tahun), dewasa madya (40–59 tahun), dan lansia ($\geq$60 tahun). Penelitian sebelumnya yang dilakukan di Desa Dawan Kaler, Kabupaten Klungkung oleh Putra menunjukkan bahwa 61% dari 43 responden yang mengonsumsi tuak memiliki kadar gula darah tinggi, dengan prevalensi tertinggi (40%) pada kelompok usia 46–65 tahun (Putra, 2023).

2.3.2 Pengaruh volume tuak yang diminum terhadap kadar glukosa darah

Konsumsi alkohol yang berlebihan (lebih dari 3–4 gelas per hari) dapat menyebabkan resistensi insulin, yang berkontribusi terhadap peningkatan kadar glukosa darah. Alkohol dalam jumlah besar juga dapat menyebabkan stres oksidatif dan peradangan pada pankreas, yang berpotensi merusak sel beta pankreas serta mengganggu produksi insulin. Minuman beralkohol dengan kadar gula tinggi, seperti tuak, dapat meningkatkan kadar glukosa darah dengan cepat. Semakin besar volume tuak yang dikonsumsi, semakin tinggi pula risiko peningkatan kadar glukosa darah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Desa Dawan Kaler, Kabupaten Klungkung oleh Putra, ditemukan bahwa 61% responden memiliki kadar gula darah tinggi. Dari jumlah tersebut, 58% responden yang termasuk dalam kategori peminum sedang menunjukkan kadar glukosa darah tinggi (Putra, 2023). Berdasarkan volume konsumsi tuak per hari, peminum alkohol dikategorikan menjadi tiga kelompok (Udiana, 2023):

1. Peminum kategori ringan: Konsumsi 1 botol (650 ml) per hari.

2. Peminum kategori sedang: Konsumsi lebih dari 1 hingga 4 botol (1000–2500 ml) per hari.
3. Peminum kategori berat: Konsumsi lebih dari 4 botol (lebih dari 2500 ml) per hari.

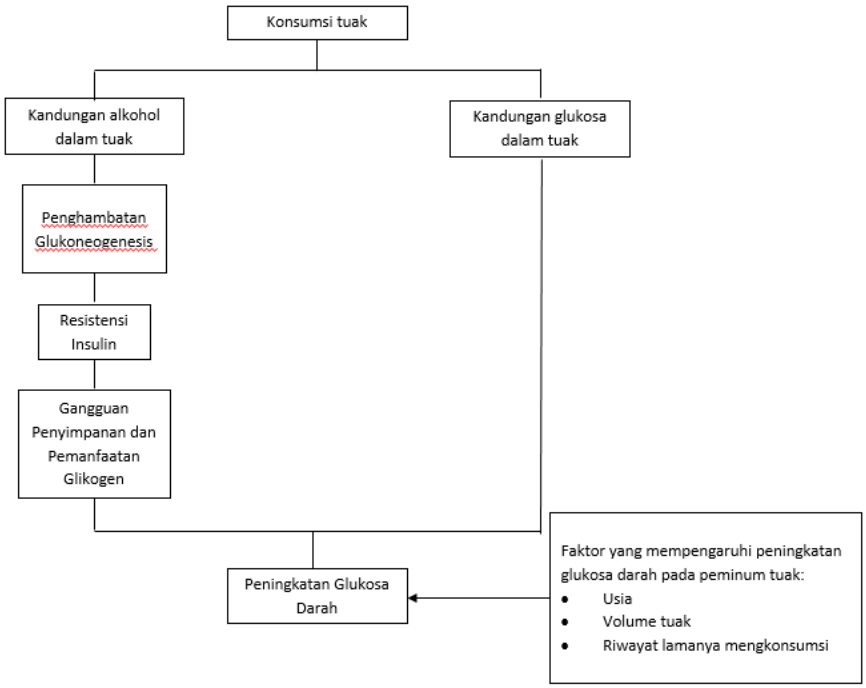
Kategori ini menunjukkan bahwa semakin tinggi volume konsumsi tuak, semakin besar pula risiko peningkatan kadar glukosa darah, yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan metabolik.

2.3.3 Pengaruh riwayat lamanya mengkonsumsi tuak terhadap kadar glukosa darah

Konsumsi alkohol dalam jangka panjang dapat menyebabkan peradangan pankreas (pankreatitis kronis), yang merusak sel beta pankreas dan menurunkan produksi insulin, sehingga meningkatkan risiko hiperglikemia dan diabetes tipe 2. Studi menunjukkan bahwa individu yang telah mengonsumsi alkohol selama lebih dari 10 tahun memiliki risiko lebih tinggi mengalami peningkatan kadar glukosa darah dibandingkan mereka yang baru mulai mengonsumsi alkohol. Semakin lama seseorang mengonsumsi alkohol secara rutin, semakin besar kemungkinan terjadinya perubahan metabolisme glukosa yang dapat memicu kondisi seperti hiperglikemia dan diabetes tipe 2. Penelitian yang dilakukan oleh Kadek Wahyu Adi Putra pada tahun 2023 mengevaluasi kadar glukosa darah sewaktu pada peminum tuak di Desa Dawan Kaler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 61% dari 43 responden memiliki kadar gula darah tinggi. Berdasarkan lama konsumsi, sebanyak 74% responden yang telah mengonsumsi tuak selama lebih dari 5 tahun menunjukkan kadar glukosa darah tinggi.

2.4 Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian ini digambarkan dalam skema sebagai berikut:



Gambar 2.3 Skema Kerangka Teori