

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Diabetes Melitus

1. Definisi Diabetes Melitus

Diabetes melitus merupakan penyakit kronis yang memengaruhi proses metabolisme tubuh, ditandai oleh kadar gula darah yang meningkat melebihi batas normal. Salah satu bentuk yang paling umum adalah diabetes melitus tipe 2. Resiko seseorang untuk mengidap diabetes dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor yang tidak bisa diubah antara lain usia, jenis kelamin, serta riwayat keluarga dengan diabetes. Sedangkan faktor-faktor yang dapat dikendalikan meliputi kelebihan berat badan, kurangnya aktivitas fisik, tekanan darah tinggi, gangguan pada profil lipid darah seperti kadar trigliserida, serta pola makan yang kurang sehat (Sutomo & Purwanto, 2023).

2. Klasifikasi Diabetes Melitus

Diabetes melitus terbagi dalam beberapa jenis yaitu, diabetes melitus tipe 1, diabetes melitus tipe 2, diabetes gestasional, dan diabetes melitus tipe lain. Diabetes melitus tipe 1 hanya sekitar 5-10% kasus diabetes melitus yang termasuk dalam tipe ini.

a. Diabetes Melitus tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 (DM tipe 1), yang sebelumnya dikenal dengan sebutan *Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (IDDM), disebabkan oleh kerusakan sel beta pankreas akibat proses autoimun.

Sel beta merupakan satu-satunya jenis sel yang memproduksi insulin, hormon yang berperan penting dalam pengaturan kadar gula darah. Gejala biasanya baru muncul setelah sekitar 80–90% sel beta rusak. Proses perusakan ini umumnya berlangsung lebih cepat pada anak-anak dibandingkan orang dewasa. Sebagian besar kasus DM tipe 1 disebabkan oleh mekanisme autoimun, sedangkan sebagian kecil terjadi tanpa penyebab imunologis yang jelas dan dikenal sebagai DM tipe 1 idiopatik. Penderita tipe idiopatik mengalami kekurangan insulin (insulinopenia) tanpa adanya tanda-tanda autoimun, dan memiliki resiko tinggi mengalami ketoasidosis. Sekitar 75% kasus DM tipe 1 terdiagnosis sebelum umur 30 tahun, meskipun secara keseluruhan hanya mencakup 5–10% dari total kasus diabetes (Kartika, 2021).

b. Diabetes Melitus tipe 2

Tipe ini merupakan bentuk diabetes yang paling banyak dijumpai, mencakup sekitar 90% dari seluruh kasus. Dahulu dikenal sebagai *Non Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (NIDDM), DM tipe 2 ditandai dengan kombinasi resistensi insulin dan gangguan produksi insulin oleh pankreas. Pada kondisi ini, insulin tidak bekerja secara optimal pada jaringan tubuh (resistensi insulin), dan kemampuan pankreas untuk menghasilkan insulin juga terganggu. Meski kadar insulin bisa saja masih dalam rentang normal, tubuh tidak mampu menggunakannya secara efektif, sehingga kadar glukosa darah tetap

tinggi. DM tipe 2 biasanya muncul pada umur di atas 40 tahun, dan pasien tidak selalu memerlukan suntikan insulin (Kartika *et al.*, 2021).

DM tipe 2 dapat disebabkan oleh gangguan sekresi insulin hingga gangguan fungsi enzim yang diatur oleh insulin. Umur, obesitas, dan kurangnya aktivitas fisik kemungkinan merupakan faktor paling krusial yang memengaruhi perkembangan DM tipe 2 (Sari dkk, 2024).

c. *Diabetes Gestasional*

Jenis diabetes ini terjadi khusus selama masa kehamilan, umumnya muncul pada trimester kedua atau ketiga. Gangguan ini disebabkan oleh ketidakmampuan tubuh ibu hamil dalam mengelola kadar gula darah, meskipun sebelum kehamilan tidak ada riwayat diabetes. Wanita yang mengalami diabetes gestasional memiliki resiko lebih besar untuk menderita diabetes tipe 2 di kemudian hari, biasanya dalam 5–10 tahun pasca persalinan (Fandini, 2024).

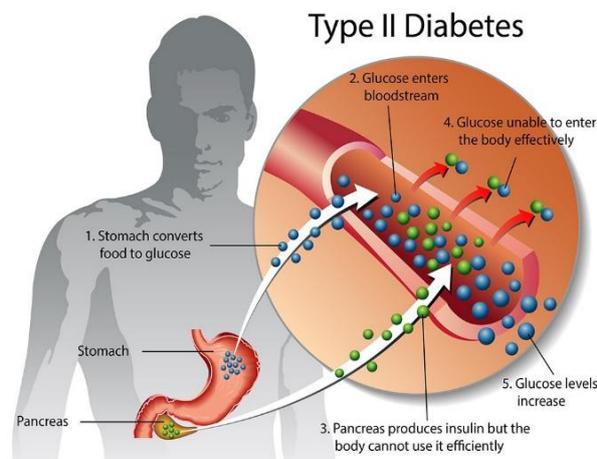
d. *Diabetes Melitus Tipe Lain*

Diabetes ini mencakup berbagai bentuk diabetes yang disebabkan oleh kondisi spesifik, seperti penyakit pada pankreas eksokrin, kelainan genetik yang memengaruhi fungsi sel beta, serta gangguan genetik yang memengaruhi kerja insulin (Goyal *et al* 2023).

B. Diabetes Melitus Tipe 2

1. Definisi Diabetes Melitus Tipe 2

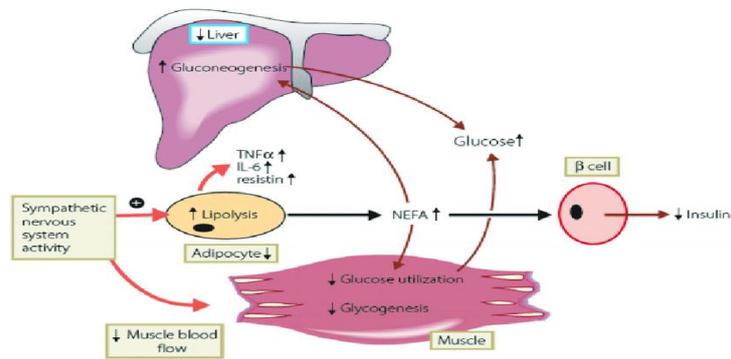
Diabetes melitus tipe 2 adalah penyakit yang ditandai oleh kadar gula darah tinggi dan ketidakmampuan sel terhadap insulin. Hal ini terjadi karena tubuh tidak dapat menggunakan insulin dengan baik. Insulin adalah hormon yang membantu gula masuk ke dalam sel untuk digunakan sebagai energi. Pada diabetes melitus tipe 2, sel tubuh menjadi resisten terhadap insulin, sehingga gula tidak dapat masuk ke dalam sel dan menumpuk di dalam darah. Meskipun kadar insulin mungkin sedikit menurun atau berada dalam rentang normal, diabetes melitus tipe 2 dianggap sebagai diabetes non-insulin dependen karena sel beta pankreas masih memproduksi insulin. Resistensi insulin sering terjadi karena obesitas, kurangnya aktivitas fisik, dan penuaan. Penderita diabetes melitus tipe 2 juga dapat mengalami produksi glukosa hati yang berlebihan. Namun, tidak terjadi kerusakan sel beta pankreas secara autoimun seperti pada diabetes tipe (Turma dan Syahrizal, 2021).



Gambar 2.1 Diabetes Melitus tipe 2

2. Patofisiologi Diabetes Melitus Tipe 2

Perkembangan diabetes melitus tipe 2 berlangsung secara bertahap, dan biasanya diawali dengan kondisi resistensi insulin, yaitu ketika sel-sel tubuh tidak lagi merespons insulin secara optimal. Akibatnya, glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi. Pada fase awal, tubuh mencoba menyesuaikan diri dengan meningkatkan produksi insulin. Namun, seiring berjalannya waktu, sel beta pankreas yang bertugas menghasilkan insulin menjadi lelah dan kehilangan kemampuannya untuk mencukupi kebutuhan tubuh terhadap insulin. Ketika produksi insulin mulai menurun, individu bisa mengalami kondisi yang dikenal sebagai gangguan toleransi glukosa atau pradiabetes. Pada tahap ini, kadar gula darah sudah di atas normal, namun belum cukup tinggi untuk diklasifikasikan sebagai diabetes. Jika resistensi insulin terus berlanjut dan fungsi sel beta pankreas semakin menurun, kadar gula darah akan terus meningkat hingga mencapai kriteria diagnostik diabetes melitus tipe 2. Selain resistensi insulin, penderita diabetes tipe 2 juga mengalami peningkatan produksi glukosa oleh hati dan penurunan kemampuan otot untuk memanfaatkan glukosa dan lemak secara efisien. Kondisi ini menyebabkan kadar gula darah tetap tinggi baik saat berpuasa maupun setelah makan. Perjalanan dari metabolisme glukosa yang normal menuju diabetes tipe 2 merupakan proses yang berlangsung secara progresif dan bertahap (Garcia, dkk 2022).



Gambar 2.2 Patofisiologi Diabetes Melitus Tipe 2

a. Etiologi dan Faktor Resiko

Diabetes melitus merupakan kondisi kronis yang ditandai oleh gangguan dalam pengaturan kadar glukosa darah. Penyakit ini memiliki penyebab yang kompleks dan melibatkan berbagai faktor, baik genetik maupun lingkungan. Selain dua faktor utama tersebut, gangguan dalam produksi maupun fungsi insulin juga menjadi pemicu utama munculnya diabetes. Kelainan metabolik yang menghambat sekresi insulin, gangguan pada fungsi mitokondria, serta kondisi lain yang berdampak pada toleransi glukosa turut berkontribusi dalam proses terjadinya penyakit ini. Kerusakan pada sebagian besar sel beta yang berada di pulau Langerhans pankreas dapat mengakibatkan penurunan produksi insulin secara signifikan. Sel beta sendiri berperan dalam menghasilkan hormon insulin, yang berfungsi untuk menjaga kestabilan kadar gula darah. Selain itu, hormon yang bersifat antagonis terhadap insulin, seperti glukagon, juga bisa memperburuk kondisi dengan menghambat kerja insulin (Lestari *et al.*, 2021).

Pada penderita diabetes melitus tipe 2, resiko mengalami komplikasi jangka panjang sangat tinggi, dan kondisi tersebut dapat memengaruhi berbagai organ tubuh. Komplikasi ini umumnya dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu komplikasi makrovaskular dan mikrovaskular. Komplikasi makrovaskular mencakup penyakit jantung koroner, stroke, dan gangguan pada pembuluh darah perifer. Sementara itu, komplikasi mikrovaskular melibatkan kerusakan pada saraf (neuropati), ginjal (nefropati), serta mata (retinopati) (Rif'at *et al.*, 2023).

Selain meningkatkan resiko berbagai komplikasi, diabetes juga memiliki hubungan yang kuat dengan kondisi obesitas. Obesitas terjadi ketika tubuh menyimpan lemak dalam jumlah berlebihan, yang pada akhirnya dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan serius. Salah satu dampak utama dari obesitas adalah peningkatan resiko terhadap diabetes melitus. Meskipun pankreas tetap mampu memproduksi insulin dalam jumlah yang memadai untuk menjaga kadar gula darah tetap stabil, pada individu dengan obesitas, efektivitas kerja insulin seringkali menurun. Hal ini terjadi karena penumpukan lemak, terutama yang memengaruhi metabolisme, seperti tingginya kadar kolesterol dan trigliserida dalam darah, dapat menghambat kemampuan sel-sel tubuh untuk merespons insulin dengan baik. Akibatnya, glukosa sulit diserap oleh sel dan tetap berada dalam aliran darah (Masi & Oroh, 2018).

Faktor resiko lainnya meliputi:

1) Kelainan genetik

Riwayat keluarga menjadi salah satu indikator penting dalam resiko terkena diabetes melitus tipe 2. Jika seseorang memiliki kerabat dekat, seperti orang tua atau saudara kandung, yang mengidap penyakit ini, maka kemungkinan untuk mengembangkan kondisi serupa akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh keberadaan gen-gen tertentu yang membuat individu lebih rentan terhadap gangguan metabolik tersebut (Nababan *et al.*, 2020).

2) Umur

Kemampuan tubuh dalam mengelola kadar glukosa cenderung menurun seiring bertambahnya umur. Hal ini menjadikan individu berumur 45 tahun ke atas lebih beresiko mengembangkan diabetes melitus tipe 2, karena sensitivitas terhadap insulin dapat menurun dan proses metabolisme melambat (Tiorma dan Syahrizal, 2021).

3) Pola makan tidak sehat

Pola makan yang tidak seimbang, seperti konsumsi makanan tinggi gula, lemak jenuh, serta frekuensi makan yang tidak teratur, dapat memicu gangguan metabolisme tubuh. Ketidakseimbangan nutrisi ini mengganggu pengaturan kadar glukosa dalam darah dan dalam jangka panjang dapat

meningkatkan kemungkinan terjadinya diabetes (Dafriani, 2018).

4) Aktivitas fisik

Olahraga secara teratur membantu tubuh memanfaatkan glukosa sebagai sumber energi, sehingga sensitivitas terhadap insulin meningkat. Sebaliknya, gaya hidup yang minim aktivitas fisik dapat menyebabkan penumpukan lemak serta glukosa dalam tubuh, yang pada akhirnya meningkatkan resiko terjadinya diabetes melitus tipe 2 (Imelda, 2019).

b. Manifestasi Klinis

Manifestasi klinis penyakit diabetes melitus dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1) Gejala Akut

- (a) Nafsu makan meningkat (polifagia): Penderita cenderung merasa lapar terus-menerus dan makan lebih banyak dari biasanya.
- (b) Sering merasa haus (polidipsia): Timbul rasa haus yang berlebihan dan sulit teratasi.
- (c) Frekuensi buang air kecil meningkat (poliuria): Pasien sering buang air kecil, termasuk saat malam hari.
- (d) Penurunan berat badan drastis: Walaupun asupan makanan meningkat, berat badan bisa turun secara cepat, sekitar 5–10 kg dalam waktu 2–4 minggu.

(e) Mudah lelah: Tubuh terasa lemas dan kurang bertenaga meskipun tidak melakukan aktivitas berat.

2) Gejala Kronik

Gejala kronis yang dapat muncul meliputi:

(a) Gangguan Sensasi: Muncul rasa nyeri seperti terbakar, kesemutan, atau mati rasa di tangan dan kaki.

(b) Kram Otot

(c) Kelelahan dan rasa kantuk: Energi tubuh menurun sehingga penderita lebih mudah mengantuk atau merasa lesu.

(d) Gangguan Penglihatan: Pandangan mulai kabur.

(e) Gangguan Gigi: Gigi mudah goyah dan lepas.

(f) Kehamilan: Wanita hamil dengan diabetes beresiko mengalami keguguran, janin meninggal dalam kandungan, atau melahirkan bayi dengan berat badan lebih dari 4 kg.

C. Glukosa Darah

1. Definisi Glukosa Darah

Glukosa darah, yang dikenal juga sebagai gula darah, berfungsi sebagai sumber energi utama bagi tubuh. Zat ini diperoleh dari hasil pencernaan karbohidrat dan disimpan dalam bentuk glikogen di hati maupun otot. Proses pengaturan kadar glukosa dalam darah dikendalikan oleh dua hormon utama yang dihasilkan oleh pankreas, yaitu insulin dan glukagon. Dalam kondisi normal, kadar glukosa darah berkisar antara 70 hingga 110 mg/dl dalam serum atau plasma. Setelah mengonsumsi

makanan, kadar glukosa biasanya akan meningkat, namun tubuh yang sehat mampu menstabilkannya kembali dalam waktu dua jam, yaitu hingga maksimal 140 mg/dl. Selain itu, kadar glukosa darah sewaktu seharusnya tidak melebihi 110 mg/dl. Peningkatan kadar glukosa darah bisa terjadi karena berbagai faktor. Di antaranya adalah pola makan yang kurang sehat, seperti sering mengonsumsi makanan tinggi lemak, karbohidrat sederhana, serta makanan olahan. Kurangnya aktivitas fisik dan kebiasaan jarang berolahraga juga dapat memperburuk kondisi ini (Ginting & Mufidah, 2021).

2. Jenis Pemeriksaan Gula Darah

a. Gula Darah Sewaktu

Tes ini dilakukan setelah individu berpuasa selama 10 hingga 12 jam, biasanya pada pagi hari. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengevaluasi seberapa baik tubuh mempertahankan kadar gula darah dalam kondisi tanpa asupan makanan. Nilai normal untuk kadar gula darah puasa berada dalam kisaran 70–110 mg/dl, yang mencerminkan keseimbangan sistem metabolisme tubuh dalam mengatur glukosa (Putri, 2023).

b. Gula darah Puasa

Tes ini dilakukan setelah individu berpuasa selama 10 hingga 12 jam, biasanya pada pagi hari. Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengevaluasi seberapa baik tubuh mempertahankan kadar gula darah dalam kondisi tanpa asupan makanan. Nilai normal untuk kadar gula

darah puasa berada dalam kisaran 70–110 mg/dl, yang mencerminkan keseimbangan sistem metabolisme tubuh dalam mengatur glukosa (Putri, 2023).

c. Gula darah 2 jam post prandial

Pemeriksaan ini dilakukan dua jam setelah konsumsi makanan, terutama makanan yang mengandung karbohidrat, guna melihat seberapa efektif tubuh mengelola lonjakan kadar glukosa setelah makan. Kadar gula darah yang dianggap normal dalam tes ini umumnya tidak melebihi 140 mg/dl (Putri, 2023).

3. Nilai Normal Pemeriksaan Gula Darah

Kadar gula darah puasa : 70-110 mg/dl

Kadar gula darah 2 jam PP : 70-140 mg/dl

Kadar gula darah sewaktu : 70-140 mg/dl

D. Tekanan Darah

1. Definisi Tekanan Darah

Hipertensi, atau yang lebih dikenal sebagai tekanan darah tinggi, merupakan kondisi medis yang serius dan dapat meningkatkan resiko kematian dini (Situmorang, 2020) . Jika tidak dikendalikan, hipertensi cenderung memburuk seiring waktu dan berdampak negatif terhadap kesehatan secara keseluruhan. Kondisi ini dikenal sebagai salah satu penyebab utama penyakit kardiovaskular. Tanpa penanganan yang memadai, tekanan darah tinggi dapat menimbulkan berbagai komplikasi berbahaya seperti stroke, gagal ginjal, gangguan jantung, demensia,

gangguan penglihatan, serta detak jantung yang tidak teratur, yang pada kasus tertentu dapat menyebabkan kematian mendadak (Farahdipta & Suyanto, 2019). Secara umum, seseorang dikatakan mengalami hipertensi apabila tekanan sistolik mencapai 140 mmHg atau lebih, dan/atau tekanan diastolik mencapai 90 mmHg atau lebih saat dalam posisi duduk dan rileks. Pada penderita hipertensi, peningkatan bisa terjadi baik pada tekanan sistolik maupun diastolik. Namun, terdapat pula kondisi yang disebut hipertensi sistolik terisolasi, yakni ketika tekanan sistolik berada di atas 140 mmHg sementara tekanan diastolik tetap berada di bawah ambang batas normal, yaitu di bawah 90 mmHg.

2. Hubungan Tekanan Darah dan Diabetes Melitus Tipe 2

Tekanan darah tinggi atau hipertensi merupakan salah satu faktor resiko utama yang dapat memicu munculnya diabetes melitus tipe 2. Hubungan antara keduanya sangat rumit dan saling mempengaruhi. Hipertensi dapat menyebabkan gangguan pada kemampuan sel-sel tubuh dalam merespon insulin secara efektif, yang dikenal sebagai resistensi insulin. Insulin sendiri memiliki peranan penting dalam pengaturan metabolisme karbohidrat, terutama dalam membantu penyerapan glukosa oleh sel sebagai sumber energi (Pratama, 2019).

Penderita diabetes yang juga mengalami hipertensi yang tidak terkontrol memiliki resiko lebih besar untuk mengalami komplikasi berat, khususnya pada sistem saraf dan jantung. Kondisi ini dapat memicu terjadinya stroke, gagal jantung, penyakit jantung koroner, bahkan

meningkatkan resiko kematian. Diabetes cenderung memperparah dampak hipertensi dengan meningkatkan kerentanan pembuluh darah di otak dan jantung terhadap kerusakan. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar gula darah yang dapat merusak dinding pembuluh darah serta memperbesar resiko penyumbatan atau perdarahan (Al-Hadi *et al.*, 2020).

Kerusakan ini menyebabkan dinding pembuluh menjadi lebih kaku, keras, dan cenderung menyempit. Akibatnya, aliran darah mengalami hambatan dan tekanan darah meningkat, yang kemudian memicu hipertensi. Kerusakan pembuluh darah akibat diabetes tipe 2 ini semakin memperburuk kondisi hipertensi dan meningkatkan resiko komplikasi serius pada jantung dan otak (Al-Hadi *et al.*, 2020).

3. Faktor yang Mempengaruhi Tekanan Darah pada Diabetes Melitus

Faktor resiko yang mempengaruhi peningkatan tekanan darah pada diabetes melitus tipe 2 :

a. Umur

Umur merupakan faktor yang tidak bisa dihindari dan memiliki peran penting dalam perkembangan penyakit degeneratif. Seiring bertambahnya umur, terutama setelah melewati 45 tahun, dinding pembuluh darah arteri mengalami perubahan. Penebalan lapisan otot arteri akibat penumpukan kolagen menyebabkan pembuluh darah menjadi lebih sempit dan kaku. Selain itu, elastisitas arteri menurun sehingga kemampuan arteri dalam memompa darah juga ikut

berkurang, yang berujung pada peningkatan tekanan darah (Magfira *et al.*, 2021).

b. Jenis Kelamin

Jenis kelamin juga memengaruhi tekanan darah dan merupakan faktor yang tidak dapat diubah. Setelah masa pubertas, pria biasanya memiliki tekanan darah yang lebih tinggi dibandingkan wanita. Namun, pada wanita, tekanan darah cenderung meningkat setelah melewati masa menopause, yaitu di atas umur 45 tahun, akibat menurunnya kadar hormon estrogen (Susanti, 2024).

c. Lama Menderita Diabetes Melitus

Lamanya seseorang menderita diabetes tipe 2 berkontribusi pada resiko komplikasi. Paparan hiperglikemia yang berkepanjangan dapat menyebabkan komplikasi baik pada pembuluh darah besar (makrovaskuler) maupun kecil (mikrovaskuler). Resiko komplikasi ini meningkat secara signifikan setelah seseorang hidup dengan diabetes selama 10-15 tahun karena glukosa yang terus-menerus menumpuk dalam darah menyebabkan pembuluh darah kecil menjadi rapuh dan mudah rusak.

d. Aktivitas Fisik

Kurangnya aktivitas fisik berdampak negatif terhadap tekanan darah. Ketika seseorang jarang bergerak, jantung harus bekerja lebih keras untuk memompa darah, sehingga denyut jantung dan tekanan pada jantung meningkat. Peningkatan kerja jantung ini memberikan

tekanan lebih besar pada dinding arteri, yang menyebabkan tahanan perifer meningkat dan akhirnya memicu kenaikan tekanan darah (Makawekes *et al.*, 2020).

E. C-Reactive Protein

1. Definisi C-Reactive Protein

C-Reactive Protein (CRP) adalah jenis protein plasma yang memiliki peran penting dalam proses peradangan di dalam tubuh. CRP terdiri dari struktur homopentamer dan pertama kali ditemukan oleh Tillet dan Francis pada tahun 1930. Penemuan ini terjadi saat mereka mengamati serum dari pasien yang sedang mengalami infeksi pneumokokus pada fase akut. Nama CRP sendiri diambil dari reaksi protein ini terhadap polisakarida kapsul pneumokokus (Chandra & Fatoni, 2021).

CRP diproduksi oleh sel-sel hati, khususnya hepatosit, sebagai respons tubuh terhadap adanya infeksi atau peradangan. Istilah fase akut menggambarkan rangkaian reaksi baik lokal maupun sistemik yang muncul selama proses inflamasi. Karena respons ini bersifat umum dan tidak spesifik, peningkatan kadar CRP dalam darah sering digunakan sebagai tanda bahwa ada aktivitas inflamasi yang sedang berlangsung pada berbagai kondisi medis (Widodo, 2018).

2. Hubungan C-Reactive Protein dengan Diabetes Melitus tipe 2

CRP memiliki keterkaitan yang erat dengan diabetes melitus tipe 2. Sebagai protein yang berperan dalam proses inflamasi, CRP

sering dijadikan sebagai indikator dalam menilai kondisi diabetes tipe 2. Penyakit ini termasuk inflamasi kronis yang ditandai dengan tingginya kadar glukosa darah secara terus-menerus (hiperglikemia kronis). Kondisi tersebut memicu produksi berbagai protein inflamasi seperti IL-6, IL-1, dan TNF- α , yang kemudian menyebabkan peningkatan kadar CRP dalam tubuh. Pada penderita diabetes tipe 2 yang juga mengalami obesitas, kadar CRP cenderung lebih tinggi karena akumulasi lemak (jaringan adiposa) dapat memicu respons inflamasi. CRP sendiri diproduksi oleh hati (hepar) dan peningkatan kadar protein ini menandakan adanya peradangan. Oleh sebab itu, CRP sering digunakan sebagai biomarker untuk mendeteksi inflamasi. Pada pasien dengan diabetes tipe 2 yang mengalami inflamasi kronis, peningkatan kadar CRP biasanya terlihat dalam kadar yang moderat (Permatasari *et al.*, 2020).

3. Pemeriksaan C-Reaktif Protein

Dalam pemeriksaan C-reactive protein digunakan beberapa metode, diantaranya:

a. Aglutinasi Tes

Metode ini memanfaatkan partikel lateks yang dilapisi antibodi anti-CRP. Ketika partikel tersebut dicampurkan dengan serum atau plasma pasien, akan terjadi penggumpalan (aglutinasi) jika CRP hadir. Untuk mengukur titer CRP, serum atau plasma diencerkan secara bertahap menggunakan buffer glisin (misalnya 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, dan

seterusnya). Sampel yang telah diencerkan ini kemudian dicampur dengan partikel lateks dan titer CRP ditentukan dari pengenceran tertinggi yang masih menunjukkan penggumpalan. Metode ini bersifat kualitatif dan semi-kuantitatif dengan batas deteksi sekitar 6 mg/L (Ruiz *et al.*, 2018).

b. Sandwich ELISA

Dalam metode Sandwich Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA), pengukuran kadar CRP dilakukan dengan menggunakan Nycocard Reader yang membaca intensitas warna pada membran tes. Sampel (serum, plasma, atau darah utuh) dan konjugat antibodi monoklonal diterapkan pada membran yang sudah dilapisi antibodi spesifik terhadap CRP. CRP dalam sampel akan terikat oleh antibodi yang dikonjugasi dengan partikel koloid emas. Konjugat yang tidak terikat kemudian dicuci. Jika kadar CRP tinggi, area tes akan menunjukkan warna merah-coklat, dan intensitas warna ini kemudian diukur secara kuantitatif menggunakan NycoCard Reader II.

c. *High Sensitivity C-Reactive Protein* (hs-CRP)

Metode hs-CRP adalah teknik kuantitatif dengan sensitivitas tinggi untuk mengukur kadar CRP secara akurat. Pemeriksaan ini menggunakan Latex Turbidimetry Immunoassay (LTIA) dengan rentang pengukuran antara 0,3 hingga 300 mg/L. Berkat sensitivitas yang lebih tinggi, metode hs-CRP dapat mendeteksi proses inflamasi

lebih dini dibandingkan pemeriksaan CRP konvensional. Pemeriksaan ini sudah distandarisasi di berbagai laboratorium (Ruiz *et al.*, 2018).

d. Imunoturbidimetri

Imunoturbidimetri adalah metode kualitatif yang mengukur CRP berdasarkan pembentukan kompleks antigen-antibodi. CRP dalam serum akan berikatan dengan antibodi spesifik, membentuk kompleks imun yang menyebabkan peningkatan kekeruhan larutan. Kekeruhan ini diukur secara fotometrik untuk menentukan konsentrasi CRP secara kuantitatif. Dalam praktiknya, sampel CRP dicampur dengan buffer (R1), lalu ditambahkan lateks berkonjugasi antibodi anti-CRP (R2). Reaksi antigen-antibodi ini menghasilkan presipitasi yang diukur menggunakan turbidimetri.

F. Kajian Empiris

Tabel 2.1 Kajian Empiris

No	Judul Penelitian	Peneliti	Metode Penelitian	Kesimpulan
1.	Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Gula darah Pada Pasien Diabetes Melitus Tipe II di poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo Surabaya Menggunakan Regresi Probit Biner	Indah Fahmiah, I Nyoman Latra (2016)	Metode penelitian kuantitatif dengan desain potong lintang. Bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kadar gula darah puasa (GDP) pada pasien diabetes melitus tipe 2	Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini, antara lain (1). Karakteristik DM 2 di poli Diabetes RSUD Dr. Soetomo yang memiliki kadar GDP tidak terkontrol (GDP \geq 126 mg/dl) sebanyak 66% dan 34% lainnya memiliki GDP terkontrol (GDP $<$ 126 mg/dl). Sebanyak 24 pasien (48%) adalah pria dan 26 pasien (52%) adalah wanita.
2.	Gambaran C-Reactive Protein (CRP) pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 di RSUD Bari Palembang Tahun 2022	Rizky Nur Indasari (2022)	Metode penelitian deskriptif observasional dengan pendekatan cross sectional	Terdapat 30 pasien diabetes tipe 2 yang mempunyai kadar glukosa tinggi (\geq 200 mg/dL) didapati juga hasil protein C-reaktif positif pada 21 pasien (70%) dan hasil protein C-reaktif negatif pada 9 pasien (30%).
3.	Gambaran Hasil Pemeriksaan C-Reaktif Protein Pada Pasien Diabetes Melitus dan Hipertensi di RSUD dr. Sayidiman Magetan	Faiq Anita rizki Pratiwi (2022)	Metode penelitian deskriptif. Metode ini mengumpulkan menggambarkan suatu fenomena atau kondisi tertentu, dalam hal ini, gambaran hasil pemeriksaan	Dari 26 pasien diketahui bahwa riwayat penyakit Diabetes Melitus lebih banyak dibandingkan Hipertensi dan Diabetes Melitus + Hipertensi, dengan hasil pemeriksaan 17 pasien (65,38%) memiliki riwayat penyakit Diabetes

			CRP pada pasien diabetes melitus dan hipertensi	Melitus, 3 pasien (11,53%) memiliki riwayat Hipertensi, dan 6 pasien (23,07%) memiliki riwayat Diabetes Melitus dan Hipertensi.
4.	Hubungan kadar gula darah dengan hipertensi pada pasien diabetes melitus tipe 2 di RSUP Sanglah	Putra dan Wirawati (2019)	Metode penelitian kuantitatif dengan desain penelitian observasional analitik (cross sectional)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa responden dengan kondisi hiperglikemia sebanyak 17,8% dan mengalami hipertensi tahap 1 sebesar 66,7% serta hipertensi tahap 2 sebesar 33,3%. Terdapat hubungan antara kadar gula darah dengan hipertensi pada penderita diabetes melitus tipe 2.
5.	Deteksi C-Reaktif Protein Pada penderita Diabetes Melitus (DM) di RSUD Labuang Baji Kota Makassar	Suardi dkk (2022)	Metode penelitian deskriptif. Metode ini menggambarkan suatu fenomena atau kondisi tertentu, dalam hal ini, gambaran hasil pemeriksaan CRP pada pasien diabetes melitus.	Dari 10 sampel serum penderita diabetes melitus yang diperiksa, diperoleh hasil positif sebanyak 8 sampel dan hasil negatif sebanyak 2 sampel. Dengan presentase dari 100% yaitu 80% positif dan 20% negatif.