

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tuberkulosis

2.1.1 Pengertian Tuberkulosis

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini berbentuk batang kecil berwarna merah setelah pewarnaan *Ziehl Neelsen*. Bakteri ini bersifat tahan asam dan mampu bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang lembab atau suhu rendah antara 4-70°C. Meskipun demikian, paparan langsung terhadap panas sinar matahari dapat membunuh Sebagian besar kuman ini dalam beberapa menit. Dalam kondisi tertentu, misalnya pada sputum yang tersimpan di suhu 30-37°C, *Mycobacterium tuberculosis* dapat bertahan hingga satu minggu dalam keadaan dorman (Susanto et al., 2017)

Bakteri tersebut masuk melalui saluran pernafasan dan saluran pencernaan dan luka terbuka pada kulit. Bakteri masuk dan terkumpul di dalam paru-paru akan berkembang biak terutama pada orang dengan daya tahan tubuh yang rendah dan menyebar melalui pembuluh darah atau kelenjar getah bening. Oleh sebab itu, infeksi TB dapat menginfeksi hampir seluruh organ tubuh seperti paru-paru, saluran pencernaan, tulang, otak, ginjal, kelenjar getah bening, dan lain-lain, namun organ tubuh yang paling sering terkena yaitu paru-paru (Sari et al., 2022)

Bakteri ini merupakan bakteri basil yang sangat kuat sehingga memerlukan waktu lama untuk mengobatinya. Bakteri ini lebih sering menginfeksi organ paru-paru dibandingkan bagian lain dari tubuh manusia, sehingga selama ini kasus Tuberkulosis yang sering terjadi di Indonesia adalah kasus tuberkulosis paru (Rasyid & Heryawan, 2023)

2.1.2 Etiologi

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* memiliki kemampuan bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang lembab dan bersuhu rendah, serta dapat berada dalam keadaan dormant selama bertahun-tahun. Namun, paparan langsung terhadap sinar matahari dapat membunuh bakteri ini dalam waktu sekitar lima menit (Savitri, 2018)

Kuman ini memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kondisi udara dingin kering maupun pada suhu dingin, bahkan dapat bertahan bertahun-tahun di dalam lemari es. Selain itu, kuman ini juga bersifat aerob yang berarti lebih menyukai jaringan yang kaya akan oksigen. Dalam konteks ini, tekanan di bagian apikal memiliki oksigen yang tinggi, sehingga menjadi lokasi utama berkembangnya infeksi (Gannika, 2016)

2.1.3 Patogenesis

Patogenesis dari TB terkait erat dengan respon imun dari inang (host). Pada sebagian besar inang, inovasi patogen TB akan direspon secara adekuat oleh sistem imun membatasi pertumbuhan bakteri, dan mencegah terjadinya infeksi. Sebagian besar kerusakan jaringan yang ditimbulkan pada infeksi TB justru berasal dari respon imun inang. Patogenesis tuberkulosis diawali dengan masuknya bakteri *Mycobacterium tuberculosis* ke dalam tubuh manusia melalui droplet yang mengandung kuman terutama pada pasien TB batuk, bersin, atau berbicara. Droplet infeksius tersebut masuk ke saluran pernapasan atas dan kemudian mencapai alveoli paru tempat bakteri mulai berkembang biak.

Pada alveoli bakteri akan dihadapi oleh sistem imun tubuh, khususnya makrofag alveolar. Pada individu dengan imunitas yang baik, makrofag mampu menelan dan menghancurkan sebagian besar bakteri. Namun, beberapa kuman dapat bertahan di dalam makrofag dan memperbanyak diri menyebabkan pembentukan tuberkulosis primer. Kuman TB yang masuk melalui saluran napas akan bersarang di jaringan paru sehingga akan terbentuk suatu sarang pneumoni yang disebut fokus primer. Fokus primer ini dapat timbul di bagian mana saja dalam paru.

Jika respon imun seluler adekuat, granuloma akan membatasi penyebaran bakteri, membentuk jaringan paru atau klasifikasi yang dapat terlihat melalui pemeriksaan radiologi. Pada saat ini, infeksi tetap laten tanpa gejala klinis aktif. Sebaliknya, jika imunitas tubuh tidak memadai, bakteri akan berkembang biak secara bebas, menyebar melalui pembuluh darah dan sistem limfatik ke organ-organ lain, sehingga menimbulkan infeksi tuberkulosis aktif yang menyerang paru atau organ lainnya (Savitri, 2018)

2.1.4 Klasifikasi

a. Berdasarkan Lokasi Anatomi

1. Tuberkulosis Paru

Tuberkulosis paru merupakan infeksi yang menyerang jaringan parenkim paru yang menular melalui udara saat penderita batuk, bersin, atau berbicara.

2. Tuberkulosis Ekstra Paru

Tuberkulosis ekstra paru merupakan infeksi yang terjadi di luar paru-paru seperti pada kelenjar getah bening, tulang, selaput otak, persendian dan organ lainnya. Kedua jenis ini memiliki penyebab yang sama tetapi bisa menunjukkan gejala yang berbeda tergantung pada lokasi infeksi.

b. Berdasarkan Riwayat Pengobatan Sebelumnya

1. Pasien baru

Pasien baru tuberkulosis adalah pasien yang belum pernah mendapatkan pengobatan TB sebelumnya atau pernah mengonsumsi obat anti-TB (OAT) kurang dari satu bulan.

2. Pasien yang pernah diobati

Pasien pernah mengonsumsi OAT selama satu bulan atau lebih, yang dikelompokkan lebih lanjut menjadi :

- a) Pasien kambuh: Pasien tuberkulosis yang pernah dinyatakan sembuh atau pengobatan lengkap, namun kini mengalami infeksi kembali.
- b) Pasien gagal: Pasien yang pernah menjalani pengobatan TB namun tidak mencapai kesembuhan.
- c) Lost to follow-Up: pasien yang pernah menjalani pengobatan tetapi terhenti tanpa penyelesaian.
- d) Lain-lain: Pasien yang pengobatannya tidak dapat dikategorikan dengan jelas.
- e) Pasien yang riwayat pengobatan sebelumnya tidak diketahui

Pasien TB yang tidak masuk dalam kategori pasien baru TB dan pasien yang pernah diobati TB.

c. Berdasarkan Tingkat Keparahan Penyakit

1. TB ekstra paru ringan: TB ekstra paru yang memiliki tingkat penularan tidak terlalu berisiko. Contoh dari jenis TB ini meliputi infeksi pada kelenjar limfa, sendi, pleura dan tulang (selain tulang belakang).
2. TB ekstra paru berat: TB ekstra paru yang dapat menular dan memiliki risiko yang sangat serius. Contoh dari jenis TB ini seperti infeksi yang terjadi di luar paru-paru seperti pada usus, saluran kemih dan alat kelamin.

d. Berdasarkan Penularan

1. TB Aktif: Bakteri TB berkembang biak dengan cepat, menyebabkan gejala aktif, dan dapat menular kepada orang lain.
2. TB Militer: Bentuk TB aktif yang menyebar luas melalui aliran darah ke banyak organ, berpotensi mengancam nyawa.
3. TB Laten: Infeksi TB tanpa gejala aktif. Bakteri tetap hidup dalam tubuh, namun tidak menimbulkan gejala dan tidak menular, meskipun berpotensi menjadi aktif di kemudian hari.

e. Berdasarkan Hasil Pemeriksaan Mikroskopis

1. BTA Positif: Jika hasil pemeriksaan sputum menunjukkan bakteri tahan asam (BTA) minimal dua kali pemeriksaan positif, atau satu kali positif disertai hasil bukti radiologi tuberkulosis aktif.
2. BTA Negatif: Jika hasil pemeriksaan sputum negatif, namun diagnosis TB didukung oleh gejala klinis, radiologi, dan tidak adanya perbaikan setelah pemberian antibiotik spektrum luas.

2.1.5 Manifestasi Klinis

1. Batuk: Gejala awal berupa batuk tidak berdahak (non-produktif), yang kemudian menjadi batuk berdahak. Pada infeksi yang lebih lanjut, sputum dapat bercampur darah akibat kerusakan jaringan paru.
2. Hemoptisis (Batuk Darah): Terjadi karena pecahnya pembuluh darah kecil di alveoli atau kapiler paru akibat inflamasi dan kerusakan jaringan.
3. Sesak Napas: Disebabkan oleh kerusakan parenkim paru yang luas, efusi efusi pleura, pneumotoraks, atau anemia akibat infeksi kronis.
4. Nyeri Dada: Dirasakan terutama saat bernapas dalam atau batuk, biasanya akibat plueuritis tuberkulosa (peradangan pada pluera).

5. Demam: Demam ringan hingga sedang, umumnya muncul di sore atau malam hari, disertai keringat malam dan penurunan berat badan tanpa sebab yang jelas.

2.1.6 Pemeriksaan Tuberkulosis

1. Dahak (Sputum)

Bertujuan untuk mendeteksi keberadaan Basil Tahan Asam (BTA) dalam sputum pasien. Sebanyak tiga spesimen dahak dikumpulkan untuk meningkatkan sensitivitas diagnosis. Pemeriksaan ini sederhana, cepat, dan sangat penting dalam penatalaksanaan TB.

2. Pewarnaan Ziehl-Neelsen

Merupakan metode pewarnaan khusus untuk mendeteksi BTA di bawah mikroskop. Pewarnaan ini menjadi pilihan pertama karena spesifisitasnya tinggi terhadap *Mycobacterium tuberculosis*.

3. Polymerase Chain Reaction (PCR)

PCR dilakukan untuk mendeteksi materi genetik (DNA) *Mycobacterium tuberculosis*. Teknik ini lebih sensitif, cepat, dan spesifik dibandingkan pemeriksaan mikroskop biasa, sehingga berguna dalam kasus dengan sputum BTA negatif.

4. Tuberkulin Skin Test (Uji Mantoux)

Tes ini dilakukan dengan menyuntikkan tuberculin intrakutan dan membaca reaksi kulit setelah 48-72 jam. Uji ini berguna untuk mendeteksi infeksi TB laten, terutama pada anak-anak.

5. Radiologi (Rontgen Dada)

Pemeriksaan rontgen dada membantu dalam mendeteksi lesi atau perubahan patologis di paru-paru akibat infeksi TB, terutama pada pasien dengan hasil sputum BTA negative namun dicurigai menderita TB berdasarkan gejala klinis.

2.1.7 Prinsip Pengobatan

1. Fase awal (intensif)

Bertujuan untuk membunuh sebanyak mungkin bakteri dalam tubuh waktu cepat, sehingga menurunkan Tingkat infeksiusitas pasien. Biasanya berlangsung selama 2 bulan dengan kombinasi beberapa obat anti-tuberkulosis (OAT), seperti isoniazid, rifampisin, pirazinamid, dan etambutol.

2. Fase Lanjutan

Setelah fase awal, pasien melanjutkan untuk membasmi sisa bakteri persisten dan mencegah kekambuhan. Fase ini biasanya berlangsung selama 4-7 bulan, tergantung pada kondisi klinis pasien dan respons terhadap pengobatan.

2.2 Glukosa

2.2.1 Pengertian Glukosa

Glukosa merupakan jenis karbohidrat sederhana yang berfungsi sebagai sumber energi utama bagi tubuh. Glukosa berasal dari metabolisme karbohidrat yang dikonsumsi melalui makanan, kemudian, diserap di usus halus dan masuk ke dalam aliran darah. Di dalam tubuh, glukosa digunakan oleh sel untuk menghasilkan energi melalui proses glikolisis, terutama untuk jaringan yang sangat bergantung pada glukosa seperti otak dan sel darah merah. Jika kadar glukosa dalam darah berlebih, tubuh akan menyimpannya dalam bentuk glikogen di hati dan otot untuk cadangan energi. (Situmorang et al., 2019)

Keseimbangan kadar glukosa darah dikontrol oleh dua hormon utama yang diproduksi pankreas, yaitu insulin (menurunkan kadar glukosa darah) dan glucagon (meningkatkan kadar glukosa darah). Gangguan dalam regulasi ini dapat menyebabkan berbagai kondisi metabolik, seperti hipoglikemia (glukosa darah rendah) atau hiperglikemia (glukosa darah tinggi), termasuk diabetes melitus (Subiyono et al., 2016)

2.2.2 Kadar Glukosa

Di dalam tubuh, kadar glukosa darah dikontrol dengan ketat. Gula darah merupakan sumber energi utama bagi sel-sel manusia dan senantiasa bersirkulasi dalam aliran darah. Umumnya, kadar gula darah berada pada kisaran 70-110 mg/dL. Kadar ini biasanya mencapai titik terendah di pagi hari sebelum seseorang makan, dan dapat meningkat setelah konsumsi makanan. Hipoglikemia mengacu pada kondisi medis di mana kadar gula darah menjadi terlalu rendah, yaitu di bawah 70 mg/dL (Taliabo & Tiku Rura, 2024)

Pemeriksaan kadar glukosa darah dapat dilakukan dengan menggunakan darah lengkap, baik serum atau plasma. Serum mengandung lebih banyak air dibanding darah lengkap, sehingga kadar glukosa dalam serum cenderung lebih tinggi. Penentuan kadar glukosa darah dapat dilakukan melalui berbagai metode,

yang salah satunya memanfaatkan sifat glukosa yang dapat mereduksi ion logam tertentu. Selain itu, pengujian juga dapat dilakukan dengan bantuan enzim khusus, yakni enzim glukosa oksidase yang berfungsi mengubah glukosa menjadi asam glukonat (Subiyono et al., 2016)

2.2.3 Pemeriksaan Kadar Glukosa Darah

1. Metode POCT (*Point Of Care Testing*)

Alat ini digunakan untuk memantau kadar glukosa darah seseorang atau sebagai skrining untuk diabetes. Ketika darah diteteskan pada strip, terjadi reaksi antara darah dan reagen yang ada di dalam strip, yang kemudian diubah menjadi menjadi angka yang menunjukkan muatan listrik sesuai dengan kadar zat yang diukur dalam darah (Kesuma et al., 2021)

2. Metode GOD-PAP (*Glucose Oxidase-Peroxidase Aminoantipirin*)

Metode yang menggunakan glukosa oksidase atau peroksidase dengan indikator quinoneimine menghasilkan warna merah. Intensitas warna yang terbentuk diukur menggunakan spektrofotometer, sehingga kadar glukosa dalam sampel dapat ditentukan berdasarkan warna yang dihasilkan (Wulandari et al., 2024)

3. Metode Heksokinase

Metode heksokinase merupakan cara yang efisien dan akurat untuk mengukur kadar glukosa dalam plasma. Proses ini dimulai dengan mendeproteinisasi serum atau plasma menggunakan barium hidroksida dan seng sulfat. Setelah itu, supernatan yang dihasilkan akan digunakan untuk langkah reaksi selanjutnya (Sonagra et al., 2024)

2.2.4 Jenis Pemeriksaan

1. Glukosa darah sewaktu

Pemeriksaan ini dilakukan kapan saja tanpa memperhatikan waktu makan terakhir pasien. Bertujuan untuk mengidentifikasi kadar glukosa darah saat itu, yang berguna dalam skrining awal atau pemantauan kondisi hiperglikemia akut.

2. Glukosa darah puasa

Pemeriksaan ini dilakukan setelah pasien berpuasa 8-10 jam. Kadar glukosa darah puasa memberikan informasi tentang kontrol metabolisme glukosa basal tanpa pengaruh makanan.

3. Glukosa 2 jam setelah makan

Dilakukan 2 jam setelah pasien mengonsumsi makanan. Pemeriksaan ini bertujuan menilai seberapa baik tubuh mengatur kadar glukosa darah setelah mendapat beban glukosa dari makanan.

4. Test HbA1c

Test ini untuk mengukur rata-rata kadar gula darah dalam jangka waktu 2-3 bulan terakhir. Test ini digunakan untuk mendiagnosis diabetes, memantau efektivitas pengobatan, dan mengidentifikasi risiko prediabetes pada penderita diabetes.

2.2.5 Faktor Yang Mempengaruhi

1. Usia

Faktor usia berhubungan dengan fisiologi usia tua dimana semakin tua usia, maka fungsi tubuh juga mengalami penurunan, termasuk kerja hormon insulin sehingga tidak dapat bekerja secara optimal dan menyebabkan tingginya kadar gula darah (Shelemo, Asmawaw, 2023)

2. Jenis Kelamin

Dimana laki-laki cenderung mengalami hiperglikemia dibandingkan perempuan. Hal ini menjelaskan bahwa laki-laki memiliki massa lemak lebih rendah dibandingkan perempuan, yang mempengaruhi sensitivitas insulin dan kadar glukosa darah. (Gunawan & Rahmawati, 2021)

3. IMT (Indeks Masa Tubuh)

Indek masa tubuh merupakan indikator yang paling sering digunakan dan praktis untuk mengukur tingkat populasi berat badan lebih dan obesitas pada orang dewasa (Masruroh, 2018)

4. Pola Konsumsi

Pola makan manusia modern lebih menekankan pada kepraktisan dari pada Kesehatan. Hal inilah yang merupakan suatu risiko penyebab adanya peningkatan penyakit degeneratif, seperti diabetes melitus (Susanti et al., 2024)

5. Riwayat Keluarga

Seseorang yang memiliki riwayat keluarga lebih berisiko mengalami kadar gula darah tinggi dibandingkan dengan tidak memiliki riwayat keluarga (Nuraisyah et al., 2021)

6. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik yang baik dapat mengontrol kadar gula darah. Saat melakukan aktivitas fisik glukosa akan diubah menjadi energi, sehingga mengurangi resistensi insulin dan kadar gula darah akan berkurang (Rahmawati, 2021)

7. Stres

Stres mengakibatkan produksi kortisol berlebihan. Kortisol merupakan hormon yang menghambat kerja insulin yang menyebabkan tingginya glukosa darah di dalam tubuh. Tingkat stress yang tinggi akan memicu kadar glukosa darah meningkat (Ekasari & Dhanny, 2022)

2.2.6 Kelainan Glukosa

a. Hiperglikemia

Hiperglikemia merupakan suatu kondisi medis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa dalam darah melebihi batas normal. Peningkatan kadar gula darah yang melebihi batas normal pada pasien DM, dapat menyebabkan penurunan respons imun. Akibatnya, pasien menjadi lebih rentan terhadap infeksi oleh mikroorganisme patogen, termasuk *Mycobacterium tuberculosis* (Adlanta et al., 2022)

b. Hipoglikemia

Hipoglikemia merupakan kondisi di mana terjadi penurunan konsentrasi glukosa dalam serum yang bisa disertai atau tanpa gejala pada sistem otonom dan neuroglikopenia. Kondisi ini ditandai dengan turunnya kadar glukosa dalam darah. Baik pasien DM tipe 1 maupun tipe 2 dapat mengalami hipoglikemia (Sukmadani Rusdi, 2020)

2.3 Mekanisme Hubungan Tuberkulosis dan Diabetes Melitus

1. Kadar Glukosa Tinggi

Penderita DM memiliki kadar glukosa darah yang tinggi, hal ini dapat meningkatkan risiko terjadinya infeksi, termasuk infeksi *tuberkulosis* paru. Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dapat berkembang dengan baik di lingkungan yang kaya akan glukosa.

2. Stres dan Hormon

Penyakit TB paru dapat menyebabkan stres, yang memicu pelepasan hormon seperti kortisol. Hal ini, dapat mengakibatkan peningkatan kadar gula darah pada penderita DM.

3. Peningkatan Sitokin

TB paru juga dapat menyebabkan pelepasan berbagai sitokin, kemokin, dan protein, yang dapat mengganggu fungsi pankreas dan menyebabkan hiperglikemia.

4. Pengaruh Pengobatan TB

Obat anti tuberkulosis (OAT) dapat memengaruhi metabolisme glukosa dan kadar gula darah, terutama pada penderita diabetes.

5. Penurunan Imun

DM dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh, sehingga penderita lebih rentan terhadap infeksi seperti TB paru.

6. Prognosis TB paru

TB paru pada penderita DM biasanya lebih parah dan bersifat kronis, serta memiliki risiko kematian yang tinggi.

7. Efektivitas Pengobatan TB

Kadar glukosa darah yang tidak terkontrol dapat mempengaruhi efektivitas pengobatan TB paru, terutama pada penderita diabetes.

8. Mencegah Komplikasi

Pantauan kadar glukosa darah dapat membantu mencegah komplikasi terkait diabetes, seperti infeksi, kerusakan organ, dan masalah kardiovaskular.

9. Meningkatkan Kualitas Hidup

Kontrol kadar glukosa darah yang baik dapat membantu penderita diabetes meningkatkan kualitas hidup dan mencegah komplikasi jangka panjang.