

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tuberkulosis pada Anak

1. Definisi Tuberkulosis pada Anak

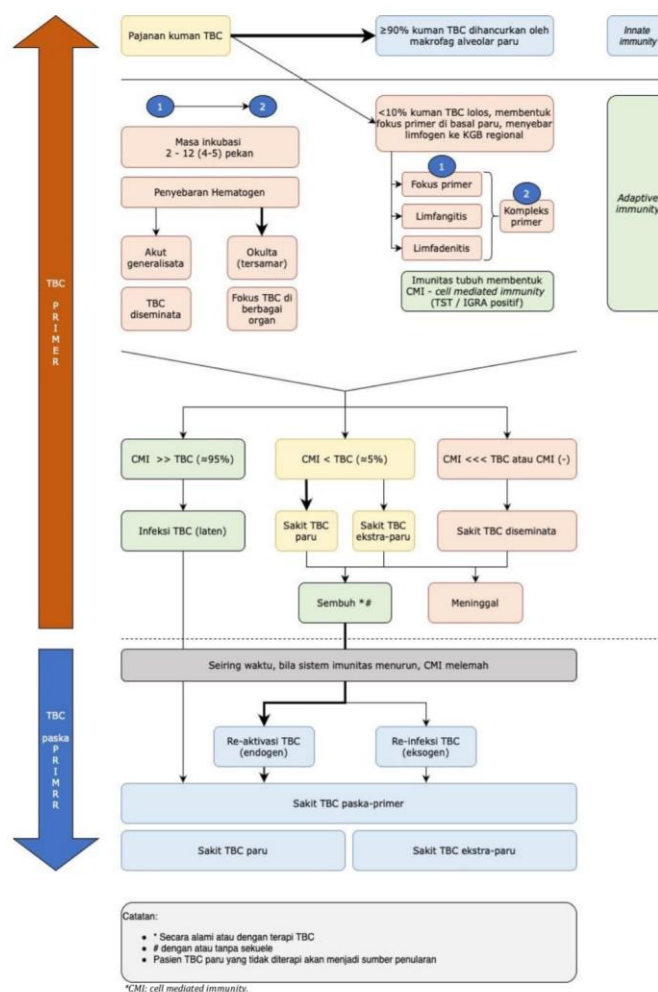
Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular kronis yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini berbentuk batang dan memiliki sifat tahan terhadap asam, sehingga dikenal sebagai Basil Tahan Asam (BTA). Umumnya, kuman TB menyerang jaringan paru (parenkim paru) dan menyebabkan tuberkulosis paru, namun bakteri ini juga dapat menginfeksi organ tubuh lainnya di luar paru (TB ekstra paru), seperti selaput paru (pleura), kelenjar getah bening, tulang, serta organ-organ lainnya (Kemenkes RI, 2020). Tuberkulosis pada anak didefinisikan sebagai tuberkulosis yang terjadi pada anak berusia 0-14 tahun (Kemenkes RI, 2016).

2. Etiologi Tuberkulosis pada Anak

Terdapat lima jenis bakteri yang memiliki kaitan erat dengan infeksi tuberkulosis, yaitu *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium microti*, dan *Mycobacterium canettii*. Dari kelima jenis tersebut, *Mycobacterium tuberculosis* merupakan spesies yang paling umum ditemukan dan menjadi penyebab utama penularan antar manusia melalui udara. Penularan TB umumnya terjadi dari satu individu ke individu lain melalui udara dalam bentuk drop-

let nukleus berukuran kurang dari 5 mikron, yang dilepaskan saat penderita TB paru atau TB laring batuk, bersin, atau berbicara. Droplet yang merupakan partikel kecil berdiameter 1-5 mikron ini, dapat mengandung 1-5 basili yang sangat mudah menular (infeksius), dan mampu bertahan di udara hingga 4 jam. Karena ukurannya yang sangat kecil, droplet ini dapat mencapai alveoli paru, dimana bakteri kemudian bereplikasi (Kemenkes RI, 2020).

3. Patogenesis Tuberkulosis pada Anak



Gambar 2. 1 Patogenesis TB pada Anak
(Sumber: Kemenkes RI, 2023)

Secara garis besar patogenesis TB terdiri dari tiga tahap, yaitu sebagai berikut: (Kemenkes RI, 2023)

a. Tahap Paparan dengan *Mycobacterium tuberculosis*

Tahap pertama adalah paparan bakteri *M. tuberculosis*, yaitu pada saat seseorang melakukan kontak erat dengan penderita TB aktif, yang umumnya merupakan orang dewasa atau remaja. Dalam situasi ini, orang tersebut menghirup udara yang telah terkontaminasi oleh bakteri. Sekitar 65% dari orang yang terpapar (terutama anak-anak) bakteri *M. tuberculosis* akan mengalami masuknya bakteri ke saluran pernapasan hingga mencapai alveoli paru dan difagosit oleh makrofag yang ada di alveoli. Apabila fungsi fagositosis makrofag dan sistem imun non-spesifik sebagai garis pertahanan pertama efektif, bakteri *M. tuberculosis* dapat sepenuhnya dihancurkan tanpa meninggalkan jejak infeksi di paru-paru. Pada kondisi ini, individu yang terpapar tidak menunjukkan gejala dan hasil pemeriksaan seperti uji tuberkulin atau IGRA menunjukkan hasil negatif, foto rontgen dada tampak normal, serta tidak ditemukan bakteri *M. tuberculosis* pada dahak atau spesimen lain (Kemenkes RI, 2023).

b. Tahap Infeksi

Bila sistem pertahanan pertama (imunitas non-spesifik) tidak berhasil mengeliminasi *M. tuberculosis*, maka tahap infeksi TB mulai berkembang. Makrofag yang telah terinfeksi bakteri akan memicu reaksi peradangan, membentuk fokus primer di area alveoli. Bakteri *M.*

tuberculosis kemudian dapat menyebar ke jaringan parenkim paru melalui dua mekanisme: pertama, dengan langsung menembus (menginvasi) epitel alveolar, dan kedua dengan “menumpang” pada makrofag alveolar yang membawanya ke parenkim. Sel imun lain seperti sel dendritik atau monosit yang berada di parenkim juga dapat mengalami peradangan, dan membawa bakteri melalui saluran limfe (proses ini menyebabkan limfangitis) menuju kelenjar limfe di paru, yang kemudian menimbulkan limfadenitis intratorakal. Di kelenjar limfe tersebut, makrofag akan memproses dan mempresentasikan antigen *M. tuberculosis* kepada sel T untuk mengaktifkan sel imun spesifik berbasis sel. Gabungan antara fokus primer, limfangitis, dan limfadenitis ini dikenal sebagai kompleks primer.

Pada tahap ini, *M. tuberculosis* dapat lolos dari parenkim paru dan masuk ke dalam sistem peredaran darah, sehingga terjadi penyebaran hematogen secara sporadik (*occult hematogenous spread*). Bakteri yang lolos ini cenderung akan menuju organ-organ dengan kadar oksigen tinggi, kemudian membentuk granuloma-granuloma kecil. Granuloma tersebut bisa muncul di paru (terutama di bagian apeks, yang dikenal sebagai fokus Simon), atau di luar paru (seperti pada selaput otak bagian basal, tulang belakang, dan organ lainnya). Granuloma yang terbentuk ini disebut juga sebagai fokus jauh (*remote focus*), namun masih berada dalam kondisi dorman atau tidak aktif.

Jika sistem imun seluler host tetap berfungsi baik, maka bakteri *M. tuberculosis* yang berada di dalam granuloma tidak akan mengalami replikasi, melainkan tetap berada dalam keadaan tidak aktif atau dorman. Pada fase ini, respons imun spesifik terhadap *M. tuberculosis* sudah terbentuk, yang dapat diketahui melalui hasil positif pada uji tuberkulin atau IGRA. Meskipun demikian, individu tidak menunjukkan gejala klinis, hasil foto rontgen dada tampak normal, dan tidak ditemukan bukti bakteriologis, karena jumlah bakteri sangat sedikit. Seseorang dalam kondisi ini dikenal sebagai terinfeksi TB atau sering disebut sebagai infeksi laten TB.

Pada sebagian besar orang, fase infeksi ini dapat berlangsung dalam jangka waktu lama, bahkan seumur hidup dengan risiko terjadi reaktivasi seaktu-waktu. Namun, pada sebagian kasus, infeksi ini dapat berlangsung singkat dan segera berkembang menjadi sakit TB (seringkali dalam bentuk berat), terutama pada bayi dan balita, serta anak-anak dan remaja yang memiliki sistem kekebalan tubuh sangat lemah (*immunocompromised*). Untuk menurunkan risiko transisi dari kondisi infeksi laten menjadi sakit TB atau penyakit TB aktif, anak dan remaja pada tahap ini perlu mendapatkan Terapi Pencegahan TB (TPT), yang bertujuan untuk menekan jumlah bakteri *M. tuberculosis* seminimal mungkin dan mempertahankannya dalam kondisi dorman.

c. Tahap Sakit TB (TB aktif)

Tahap berikutnya terjadi ketika sistem imun seluler spesifik tidak bekerja secara optimal. Dalam kondisi ini, *M. tuberculosis* mulai bereplikasi di dalam granuloma. Ketika jumlah bakteri meningkat drastis, granuloma tidak lagi mampu mengendalikan proses peradangan, sehingga bakteri dapat menyebar ke jaringan sekitarnya (*per continuitatum spread*), atau menyebar ke organ lain melalui aliran darah. Penyebaran secara *per continuitatum* berlangsung lambat dan dalam jumlah kecil, sedangkan secara hematogen biasanya lebih cepat, masif dan diseminata atau bersifat luas (*disseminated hematogenous spread*). Bakteri *M. tuberculosis* dapat menyebar ke seluruh tubuh, menyebabkan TB millier di paru-paru, atau mencapai selaput otak dan menimbulkan peradangan hebat yang dapat memicu perlengketan serta sumbatan (obstruksi) pada aliran cairan *cerebrospinal*, termasuk pada organ lainnya.

Tahap sakit TB, yang dikenal juga sebagai TB aktif, ditandai dengan munculnya gejala dan tanda klinis. Pemeriksaan rontgen dada (toraks) maupun radiologi pada organ ekstra paru yang terkena biasanya akan menunjukkan adanya kelainan. Uji kulit tuberkulin maupun IGRA menunjukkan hasil positif, namun pada kondisi TB aktif yang berat atau pada anak-anak dengan sistem imun yang lemah, hasil kedua tes tersebut bisa saja negatif karena kondisi anergi. Selain itu, kerusakan pada organ-organ di luar paru akibat infeksi *M.*

tuberculosis juga dapat dikenali melalui pemeriksaan patologi anatomi jaringan.

Pada fase ini, keberadaan *M. tuberculosis* dapat dengan mudah dibuktikan secara bakteriologis, baik melalui spesimen dahak (sputum) dari saluran pernapasan (yang biasanya terjadi akibat pecahnya granuloma di saluran bronkial atau erosi kelenjar getah bening intratorakal) maupun dari organ ekstra paru, seperti ditemukannya bakteri dalam cairan *cerebrospinal*. Tahap ini sangat krusial untuk dideteksi sedini mungkin agar penderita segera mendapatkan pengobatan dengan obat anti TB (OAT) guna membasmi bakteri *M. tuberculosis*.

4. Gejala Klinis Tuberkulosis pada Anak

Gejala klinis TB pada anak dapat berupa gejala umum (sistemik) dan gejala lokal, tergantung pada organ terkait. Gejala umum TB seringkali dianggap tidak khas karena mirip dengan keluhan pada penyakit lainnya. Namun demikian, sebenarnya gejala TB bersifat khas, yaitu menetap (berlangsung lebih dari dua minggu), dan tidak membaik meskipun telah diberikan pengobatan yang sesuai (adekuat) untuk kemungkinan penyebab selain TB (misalnya antibiotik atau anti malaria untuk demam, antibiotik atau obat asma untuk batuk lama, dan pemberian nutrisi yang adekuat untuk permasalahan berat badan) (Kemenkes RI, 2016; Kemenkes RI, 2023).

a. Gejala Sistemik

- 1) Penurunan berat badan atau tidak ada peningkatan berat badan dalam dua bulan terakhir, atau adanya gangguan pertumbuhan (*failure to thrive*), meskipun sudah dilakukan intervensi perbaikan gizi yang memadai selama 1-2 bulan.
- 2) Demam berkepanjangan (lebih dari dua minggu) dan/atau berulang tanpa penyebab yang jelas (bukan disebabkan demam tifoid, infeksi saluran kemih, malaria, dll). Biasanya demam tidak tinggi. Keringat malam saja bukan merupakan gejala spesifik TB pada anak apabila tidak disertai dengan gejala sistemik lainnya.
- 3) Lesu atau malaise, anak kurang aktif bermain.

b. Gejala TB Paru

Gejala yang muncul dan dapat dijumpai pada anak yang menderita TB paru adalah sebagai berikut: (Kemenkes RI, 2023)

- 1) Batuk berkepanjangan lebih dari dua minggu, bersifat *non-remitting* (tidak mereda atau justru semakin lama semakin parah) dan penyebab lain dari batuk telah dieliminasi.
- 2) Batuk tidak membaik meskipun telah diberikan antibiotik atau obat asma (sesuai indikasi).
- 3) Batuk darah (hemoptisis), terutama pada kelompok remaja.
- 4) Napas terasa sesak atau sulit bernapas.

5. Diagnosis Tuberkulosis pada Anak

Menurut (Kemenkes RI, 2023), terdapat beberapa pendekatan untuk penegakan diagnosis TB pada anak, yaitu sebagai berikut:

a. Anamnesis

Penegakan diagnosis yang pertama menggunakan pendekatan anamnesis. Pada saat anamnesis pertanyaan yang diajukan yaitu mengenai gejala yang dirasakan pasien. Gejala TB yang bersifat khas, yaitu menetap (lebih dari dua minggu) walaupun sudah diberikan terapi yang adekuat untuk kemungkinan penyebab selain TB. Dalam proses anamnesis, penting untuk menelusuri riwayat kontak erat antara anak dengan penderita TB, baik yang tinggal serumah maupun kontak erat di lingkungan luar rumah (seperti tempat penitipan anak, sekolah, atau asrama). Risiko penularan akan meningkat jika sumber penularan atau kasus indeks merupakan penderita TB yang terkonfirmasi bakteriologis. Perkembangan menjadi sakit TB ini umumnya terjadi dalam kurun waktu 1-2 tahun setelah kontak dengan penderita.

b. Pemeriksaan Fisis

- 1) Pemeriksaan status gizi, ditentukan dengan pengukuran berat badan dan panjang/tinggi badan.
- 2) Pada balita, dicek grafik berat badan anak, dan dievaluasi berat badan dalam tiga bulan terakhir (*growth faltering*, berat badan menetap atau bertambah).

- 3) Pemeriksaan tanda vital (demam dan napas cepat).
- 4) Pemeriksaan fisik paru pada kasus TB paru ringan bisa menunjukkan hasil yang normal. Namun, pada TB berat, auskultasi dapat mengungkap adanya ronkhi, suara napas bronkial, bunyi mengi (*wheezing*), atau suara amforik. Jika terdapat efusi pleura, maka dapat ditemukan penurunan suara napas vesikuler serta bunyi ketukan redup saat dilakukan perkusi.

c. Pemeriksaan Penunjang

1) Pemeriksaan bakteriologis

Hasil pemeriksaan bakteriologis yang positif merupakan konfirmasi bakteriologis, namun hasil negatif tidak serta-merta menyingkirkan kemungkinan TB pada anak karena sifat pausibasiler yang telah dijelaskan sebelumnya. Meskipun pengambilan dahak (sputum) pada anak cukup sulit dan tingkat hasil positifnya rendah, pemeriksaan bakteriologis tetap harus diupayakan pada anak dan remaja yang dicurigai menderita TB, khususnya di fasilitas pelayanan kesehatan yang memiliki sarana untuk pengambilan spesimen dan pemeriksaan bakteriologis. Pemeriksaan ini menjadi sangat penting terutama pada anak dan remaja dengan kondisi berikut:

- a) Mempunyai risiko mengalami TB RO (terduga TB)
- b) Anak dan remaja dengan HIV

- c) TB dengan komplikasi (misalnya obstruksi saluran respirasi, pneumotoraks, empiema) atau TB berat.
- d) Diagnosis tidak pasti.
- e) Sebelumnya pernah mendapat terapi TB.

Terdapat beberapa pemeriksaan bakteriologis yang dapat dilakukan, diantaranya:

- a) Tes cepat molekuler (TCM)

Pemeriksaan TCM atau *molecular WHO-recommended rapid diagnostic test* (mWRD) mampu mendeteksi keberadaan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dalam waktu singkat (sekitar 2 jam), sekaligus mengidentifikasi adanya resistensi terhadap obat anti-TB (OAT). Jenis pemeriksaan TCM antara lain *Nucleic Acid Amplification Test* (NAAT) (misalnya Xpert MTB/RIF) dan *Line Probe Assay* (LPA) (seperti *Hain GenoType*). Pemeriksaan TCM memiliki akurasi diagnostik yang lebih baik dibandingkan mikroskopis sputum, tetapi masih di bawah uji biakan. Saat ini, TCM direkomendasikan sebagai metode utama untuk menegakkan diagnosis TB (terkonfirmasi secara bakteriologis), baik pada TB paru maupun TB ekstra paru, baik pada pasien yang baru pertama kali maupun yang sudah pernah menjalani pengobatan TB, terlepas dari status HIV. Namun demikian, hasil negatif pada

pemeriksaan TCM tidak sepenuhnya menyingkirkan kemungkinan TB pada anak dan remaja.

b) Pemeriksaan mikroskopis bakteri tahan asam (BTA)

Pemeriksaan BTA tergolong metode yang sederhana dan biaya relatif murah, namun memiliki sensitivitas yang rendah karena membutuhkan setidaknya 5.000 basil per ml spesimen agar hasilnya positif. Saat ini, pemeriksaan BTA tidak lagi dianjurkan sebagai pemeriksaan utama untuk konfirmasi diagnosis TB secara bakteriologis, melainkan lebih difokuskan untuk memantau respons terhadap pengobatan. Namun, di fasilitas pelayanan kesehatan dengan keterbatasan sarana, pemeriksaan BTA masih dapat dimanfaatkan sebagai penunjang dalam proses penegakan diagnosis.

c) Pemeriksaan biakan (kultur)

Standar emas dalam menegakkan diagnosis TB adalah dengan mendeteksi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis* melalui pemeriksaan biakan. Pemeriksaan biakan dan uji kepekaan terhadap obat dilakukan bila fasilitas memadai. Media yang digunakan untuk pemeriksaan biakan, yaitu media padat (yang memerlukan waktu sekitar 4-8 minggu untuk mendapatkan hasil) dan

media cair (yang memungkinkan hasil diperoleh lebih cepat, sekitar 1-2 minggu), namun biayanya lebih mahal.

2) Pemeriksaan untuk bukti infeksi *Mycobacterium tuberculosis*

Pemeriksaan infeksi terdiri dari uji kulit tuberkulin dan IGRA (*Interferon Gamma Release Assay*). Uji kulit tuberkulin dapat digunakan sebagai alat bantu dalam menegakkan diagnosis TB, terutama bila riwayat kontak dengan penderita TB tidak diketahui secara pasti. Namun, tes ini tidak mampu membedakan antara infeksi laten dan penyakit TB aktif, serta tidak digunakan untuk mendeteksi kekambuhan. Hasil tes yang positif mengindikasikan adanya infeksi *Mycobacterium tuberculosis*, tetapi belum tentu menandakan seseorang menderita TB aktif. Sebaliknya, hasil negatif pun tidak serta-merta menyingkirkan kemungkinan adanya TB. Selain uji kulit tuberkulin, pemeriksaan IGRA juga tidak dapat membedakan antara infeksi TB laten dengan TB aktif.

3) Rontgen toraks

Pemeriksaan rontgen toraks sering digunakan sebagai alat bantu dalam menegakkan diagnosis TB. Namun, gambaran rontgen pada anak sering kali tidak spesifik, kecuali pada kasus TB milier yang memiliki ciri khas. Bila memungkinkan, anak di bawah usia 5 tahun sebaiknya diperiksa dengan posisi antero-posterior (AP) dan lateral, sementara untuk anak berusia lebih

tua dan remaja cukup menggunakan posisi postero-anterior (PA). Beberapa kelainan pada rontgen toraks yang menunjang diagnosis TB, yaitu pembesaran kelenjar hilus atau paratrakeal dengan/tanpa infiltrat, konsolidasi segmental/lobar, efusi pleura, efusi perikard, milier, atelektasis, kavitas (biasanya pada remaja), kalsifikasi dengan infiltrat, dan tuberkuloma.

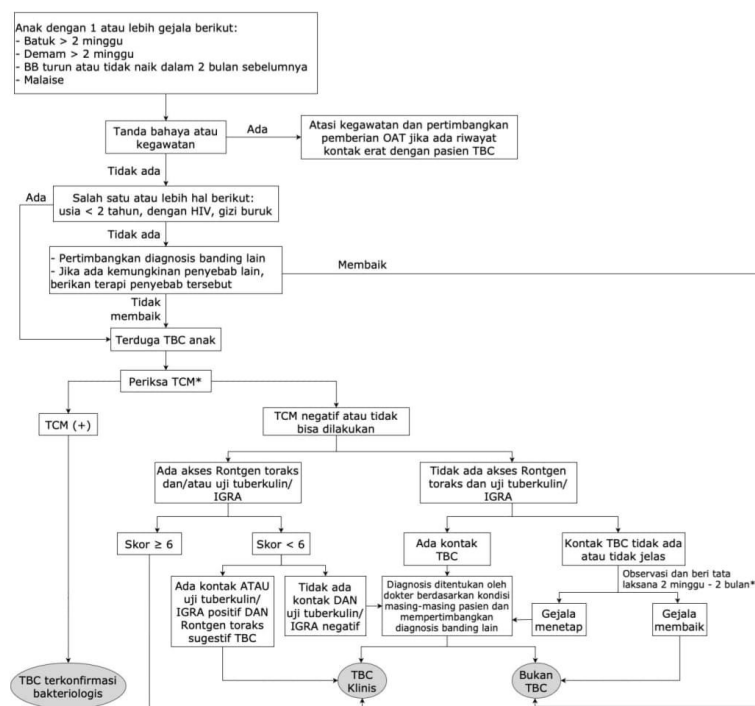
Pada remaja yang mengalami TB, gambaran rontgen toraks umumnya menyerupai pola pada orang dewasa, yaitu adanya infiltrat yang dapat disertai atau tanpa kavitas, serta efusi pleura luas di satu sisi paru yang sering ditemukan.

4) Pemeriksaan histopatologi (patologi anatomi)

Pemeriksaan patologi anatomi yang mendukung diagnosis TB menunjukkan adanya granuloma dengan nekrosis perkijuan di bagian tengah, serta dapat ditemukan sel datia langhans dan/atau keberadaan kuman TB.

Penegakan diagnosis TB pada anak dan remaja muda (usia di bawah 15 tahun) mengikuti alur pada Gambar 2.2. Alur ini berlaku bagi anak dan remaja yang menunjukkan gejala TB, baik yang memiliki riwayat kontak dengan pasien TB maupun yang tidak. Sementara itu, untuk anak dan remaja tanpa gejala tetapi memiliki riwayat kontak dengan pasien TB, pendekatan diagnosis dan penanganannya mengacu pada alur IK. Dengan demikian, titik awal alur ini adalah anak dan remaja yang menunjukkan gejala TB. Di fasilitas pelayanan kesehatan yang memiliki sarana diagnostik lengkap,

seluruh pemeriksaan penunjang (termasuk pemeriksaan sputum) sebaiknya dilakukan. Untuk remaja usia di atas 15 tahun, alur diagnosis yang digunakan adalah alur untuk pasien TB dewasa.



*) jika TCM tidak tersedia, bisa dilakukan pemeriksaan BTA

**) observasi batuk dan demam 2 minggu, observasi perbaikan berat badan 1-2 bulan

Gambar 2. 2 Alur Diagnosis TB Paru pada Anak
(Sumber: Kemenkes RI, 2023)

6. Sistem Skoring

Menurut Kemenkes RI (2023), Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI) telah menyusun sistem skoring untuk membantu menegakkan diagnosis TB pada anak. Salah satu permasalahan implementasi sistem skoring adalah tidak semua fasilitas pelayanan kesehatan di Indonesia mempunyai sarana untuk melakukan uji kulit tuberkulin dan rontgen toraks yang merupakan parameter pada sistem skoring. Hal ini menyebabkan dokter di fasilitas pelayanan kesehatan primer tidak percaya diri dalam menegakkan diagnosis

TB pada anak sehingga menyebabkan *underdiagnosis*. Di sisi lain, penggunaan sistem skoring juga dapat menyebabkan *overdiagnosis*. Karena permasalahan tersebut, pada tahun 2016 disusun alur diagnosis TB pada anak yang memasukan sistem skoring sebagai bagian dari alur diagnosis secara keseluruhan, dan direvisi pada tahun 2023. Adapun sistem skoring untuk diagnosis TB pada anak dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Parameter	0	1	2	3
Kontak TBC	Tidak jelas		Laporan keluarga, tidak terkonfirmasi bakteriologis atau tidak jelas atau tidak tahu.	Terkonfirmasi bakteriologis (+)
Uji kulit tuberkulin (Mantoux)	Negatif			Positif (≥ 10 mm atau ≥ 5 mm pada imunokompromais)
Berat Badan/status Gizi		BB/TB<90% atau BB/U<80%*	Klinis gizi buruk atau BB/TB<70% atau BB/U<60%	
Demam yang tidak diketahui penyebabnya		≥ 2 pekan		
Batuk kronik		≥ 2 pekan		
Pembesaran kelenjar limfe kolli, aksila, inguinal		≥ 1 cm, lebih dari 1 KGB, tidak nyeri		
Pembengkakan tulang/sendi panggul, lutut		Ada		
Rontgen toraks	Normal/ Kelainan tidak jelas	Gambaran sugestif (mendukung) TBC		

Catatan:

*) Penentuan status gizi berdasarkan parameter BB/TB atau BB/U untuk anak usia ≤ 6 tahun merujuk pada buku KIA Kemenkes 2016, sedangkan untuk anak usia >6 tahun merujuk pada standar WHO 2005 yaitu grafik IMT/U.

Gambar 2. 3 Sistem Skoring TB Anak
(Sumber: Kemenkes RI, 2023)

7. Pengobatan Tuberkulosis pada Anak

Prinsip pengobatan TB pada anak dan remaja secara umum sama dengan pada dewasa. Perbedaan utama dalam pengobatan TB antara anak-anak dan orang dewasa terletak pada dosis obat yang diberikan. Anak-anak, terutama yang berusia di bawah 5 tahun, memiliki laju metabolisme obat yang lebih cepat, sehingga membutuhkan dosis lebih tinggi berdasarkan berat badan (mg/kgBB) dibandingkan dengan anak yang berusia lebih tua maupun orang dewasa (Kemenkes RI, 2023).

Adapun obat yang diberikan dalam terapi TB pada pasien anak adalah sebagai berikut:

a. Obat Anti TB (OAT)

Pengobatan TB Sensitif Obat (SO) mencakup pemberian Isoniazid (H), Rifampisin (R), Pirazinamid (Z), dan Etambutol (E), dengan dosis yang disesuaikan berdasarkan berat badan pasien. Pemilihan rejimen serta durasi pemberian OAT disesuaikan dengan usia pasien, jenis dan tingkat keparahan penyakit. Fase intensif berlangsung selama dua bulan, dengan penggunaan minimal tiga jenis obat (R, H, dan Z). Penambahan etambutol dalam fase ini diberikan pada remaja, TB paru berat, TB ekstra paru berat, dan pada anak dengan infeksi HIV. Selanjutnya, fase lanjutan menggunakan dua obat (R dan H) selama 4 hingga 10 bulan tergantung tingkat keparahan penyakit. Pada kasus TB ekstra paru berat, fase lanjutan dapat diperpanjang hingga 12 bulan, seperti pada meningitis TB, TB tulang, dan TB milier.

b. Obat Anti TB Kombinasi Dosis Tetap (KDT)

Pemberian OAT dalam bentuk kombinasi dosis tetap (KDT) ditujukan untuk mempermudah pemberian dan meningkatkan kepatuhan dalam konsumsi obat. Pada anak, rejimen KDT untuk fase intensif terdiri dari Rifampisin 75 mg, Isoniazid 50 mg, dan Pirazinamid 150 mg, sedangkan pada fase lanjutan terdiri dari Rifampisin 75 mg dan Isoniazid 50 mg.

Pada anak dan remaja dengan berat badan lebih dari 30 kg diberikan OAT KDT dewasa, yang dikonsumsi setiap hari baik selama fase intensif maupun fase lanjutan. Namun, bila KDT harian tidak tersedia dan hanya ada KDT intermiten (fase lanjutan dengan kandungan R 150 mg dan H 150 mg yang diberikan tiga kali seminggu), maka pengobatan pada fase lanjutan tetap diberikan setiap hari, dengan penyesuaian dosis berdasarkan berat badan dan memperhatikan dosis maksimal per hari.

c. Obat Lainnya

Obat lain yang digunakan dalam pengobatan TB pada anak diantaranya adalah sebagai berikut: (Kemenkes RI, 2023)

1) Kortikosteroid

Pemberian kortikosteroid digunakan pada kasus TB yang disertai komplikasi, seperti meningitis TB, obstruksi saluran napas akibat pembesaran kelenjar getah bening, dan perikarditis TB. Obat yang biasa digunakan adalah Prednison dengan dosis antara 2-4 mg/kgBB per hari pada kasus berat, dengan dosis maksimal 60 mg/hari selama 4 minggu, kemudian dosis dikurangi secara bertahap (*tapering off*) selama 6-8 minggu. Sebagai alternatif, dapat digunakan Dekسامetason dengan dosis 0,3-0,6 mg/kgBB per hari, dengan durasi dan penurunan dosis yang serupa.

2) Piridoksin

Isoniazid berpotensi menyebabkan kekurangan Vitamin B6 (Piridoksin) yang bersifat simptomatik, terutama pada anak yang mengalami malnutrisi berat, anak dengan HIV yang sedang menjalani terapi ARV, serta pada pasien dengan Diabetes melitus (DM). Dalam kondisi tersebut, dilakukan pemberian suplemen Piridoksin dengan dosis 0,5-1 mg/kgBB per hari.

Dalam pengobatan TB pada anak, status gizi berperan penting dalam menentukan keberhasilan terapi. Anak dengan malnutrisi berat memiliki risiko kematian lebih tinggi. Oleh karena itu, pemantauan status gizi harus dilakukan secara berkala selama masa pengobatan. Pemantauan status gizi dilakukan melalui pengukuran berat badan, tinggi badan, lingkaran lengan atas, serta pengamatan terhadap gejala dan tanda malnutrisi seperti edema atau *muscle wasting* (Kemenkes RI, 2016).

8. Pencegahan Tuberkulosis pada Anak

Menurut Kemenkes RI (2023), pencegahan infeksi TB diantaranya dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu vaksinasi BCG dan pemberian TPT. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

a. Vaksinasi BCG

Pemberian vaksin BCG (*Bacille Calmette-Guerin*) yang mengandung bakteri *Mycobacterium bovis* yang telah dilemahkan, ditujukan untuk mencegah terjadinya penyakit TB. Meskipun tingkat efektivitasnya bervariasi (hingga 90%), vaksin ini sangat berguna

dalam mencegah bentuk TB berat seperti TB milier dan meningitis TB. Menurut Program Pengembangan Imunisasi Indonesia, vaksin BCG diberikan kepada bayi usia 0-2 bulan yang lahir dari ibu dengan status HIV negatif atau yang status HIV-nya tidak diketahui. Pemberian ulang vaksin BCG tidak dianjurkan karena tidak terbukti menambah perlindungan. Vaksin BCG ini disuntikkan secara intradermal dengan dosis 0,05 mL untuk bayi di bawah usia 1 tahun, dan 0,1 mL untuk anak usia lebih dari 1 tahun. Pemberian vaksin ini aman jika diberikan bersamaan dengan vaksin rutin lainnya, termasuk vaksin hepatitis B (Kemenkes RI, 2023).

b. Pemberian Terapi Pencegahan Tuberkulosis (TPT)

Pemberian TPT bertujuan untuk mencegah terjadinya infeksi TB pada individu yang telah terpapar, serta menghentikan perkembangan infeksi TB menjadi penyakit TB aktif (sakit TB). Langkah ini penting guna menekan angka kejadian TB di masa depan. Anak dan remaja yang terinfeksi TB biasanya tidak menunjukkan gejala maupun tanda penyakit, serta tidak menularkan, namun tetap memiliki risiko mengalami reaktivasi sewaktu-waktu. Sekitar 5-10% individu dengan infeksi TB dapat berkembang menjadi sakit TB sepanjang hidupnya, terutama dalam dua tahun pertama setelah infeksi awal. Risiko ini meningkat pada anak-anak dan mereka dengan kondisi imunokompromais, seperti infeksi HIV, yang memungkinkan

perkembangan penyakit dalam waktu 12 bulan setelah terinfeksi (Kemenkes RI, 2023).

B. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Tuberkulosis Paru pada Anak

Menurut John Gordon & La Richt (1950) dalam Irwan (2017), terjadinya suatu penyakit disebabkan oleh adanya interaksi dari tiga komponen, yaitu *agent* (faktor penyebab), *host* (penjamu), dan *enviromtment* (lingkungan). Teori ini dikenal dengan istilah *the epidemiologic triad* atau segitiga epidemiologi. Penggunaan model teori ini sangat cocok untuk menerangkan penyebab penyakit infeksi, sebab peran *agent* (mikroba) mudah diisolasi dengan jelas dari lingkungannya.

Berdasarkan teori ini, interaksi antara tiga komponen dari segitiga epidemiologi berperan penting dalam terjadinya penyakit. Interaksi antara *host*, *agent*, dan *environment* membentuk suatu sistem yang dinamis dan berada dalam kondisi seimbang pada individu yang sehat. Sementara itu, apabila terjadi gangguan terhadap keseimbangan dari ketiga komponen tersebut, maka akan menimbulkan kondisi sakit (Sari et al., 2021).

1. Faktor Penyebab (*Agent*)

Faktor penyebab (*agent*) merupakan suatu unsur, organisme hidup, atau mikroorganisme infeksius yang dapat menyebabkan penyakit atau gangguan kesehatan (Sari et al., 2021). Pada penyakit menular, faktor *agent* bersifat tunggal (*single*), sedangkan pada penyakit tidak menular biasanya terdiri dari beberapa *agent* (Irwan, 2017). Penyakit tuberkulosis merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh infeksi *Mycobacterium tuberculosis complex*. Terdapat delapan spesies yang termasuk *Mycobacterium*

tuberculosis complex, yaitu *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium Caprae*, *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium microti*, *Mycobacterium canneti*, dan *Mycobacterium pinnipedii* (PDPI, 2021). *Mycobacterium tuberculosis* merupakan bakteri yang paling sering ditemukan dan menular antar manusia (melalui udara) hingga saat ini (Kemenkes RI, 2020).

2. Faktor Penjamu (*Host*)

Faktor penjamu (*host*) merupakan berbagai aspek dalam diri manusia yang dapat mempengaruhi munculnya dan perjalanan suatu penyakit (Sari et al., 2021). Faktor *host* memiliki peran yang sangat kompleks dalam proses munculnya penyakit dan sangat dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing individu, seperti usia, jenis kelamin, status nutrisi, status imunitas, gaya hidup, dan lain-lain (Irwan, 2017). Terjadinya penyakit TB sangat erat kaitannya dengan respons imun dari *host*-nya (PDPI, 2021). Adapun faktor *host* yang mempengaruhi terjadinya penyakit TB pada anak adalah sebagai berikut:

a. Usia

Menurut Ekawati (2022), usia sangat berperan penting dalam menentukan berkembangnya penyakit pada masa anak-anak. Penelitian yang telah dilakukan olehnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara usia dengan kejadian TB paru pada anak. Anak yang berusia di bawah 5 tahun berisiko lebih tinggi untuk menderita TB dibandingkan dengan anak yang berusia 5-14 tahun.

Anak berusia di bawah 5 tahun masih memiliki sistem imun yang lemah (belum terbentuk sempurna), sehingga rentan terhadap suatu penyakit, termasuk TB paru.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Setyoningrum et al. (2024), membuktikan bahwa usia berhubungan signifikan dengan kejadian TB pada anak. Anak yang berusia kurang dari 5 tahun berisiko 8,19 kali lebih tinggi untuk menderita TB dibandingkan dengan anak yang berusia lebih dari 5 tahun. Sistem imun pada anak di bawah 5 tahun, terutama bayi belum sematang sistem imun orang dewasa. Bayi memiliki jumlah makrofag, neutrofil, dan sel dendritik yang lebih sedikit serta fungsi kekebalan tubuh yang kurang kuat dibandingkan orang dewasa, sehingga meningkatkan risiko sekitar 5-10 kali lipat.

b. Jenis Kelamin

Jenis kelamin adalah perbedaan biologis antara anak laki-laki dan perempuan sejak lahir (Sangadji et al., 2022). Dalam penelitian Nurjana & Tjandrarini (2019), menjelaskan bahwa jenis kelamin berhubungan signifikan dengan kejadian TB paru pada balita. Anak laki-laki diketahui memiliki risiko 1,6 kali lebih besar untuk terkena TB paru dibandingkan dengan anak perempuan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kecenderungan anak laki-laki yang lebih aktif dalam beraktivitas, baik di dalam maupun di luar rumah, sehingga peluang mereka untuk berinteraksi dengan penderita TB menjadi lebih tinggi, yang pada akhirnya meningkatkan risiko penularan.

Selain itu, pubertas pada anak laki-laki umumnya terjadi lebih lambat dibandingkan pada anak perempuan. Tahapan perkembangan pubertas ini secara langsung mempengaruhi pematangan sistem kekebalan tubuh anak. Sehingga anak laki-laki lebih rentan terinfeksi TB dibandingkan dengan anak perempuan (Soesanto et al., 2022).

c. Status Gizi

Status gizi berperan sangat penting dalam kerentanan anak untuk terkena suatu penyakit tertentu. Gizi berperan dalam menentukan derajat kesehatan dan kesejahteraan seseorang. Kondisi kekurangan gizi dapat melemahkan sistem imun, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, termasuk penyakit TB (Yaniarti et al., 2024).

Status gizi anak dapat ditentukan atau dinilai dengan menggunakan standar antropometri anak. Penilaian status gizi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran berat badan dan panjang/tinggi badan anak dengan standar antropometri. Klasifikasi penilaian status gizi didasarkan pada Indeks Antropometri sesuai dengan kategori status gizi pada *WHO Child Growth Standards* untuk anak usia 0-5 tahun dan *The WHO Reference 2007* untuk anak usia 5-18 tahun (Permenkes RI, 2020).

Penelitian Baun et al. (2023) menunjukkan adanya hubungan antara status gizi dengan kejadian TB pada anak. Anak dengan gizi buruk dan kurang berisiko 2,67 kali lebih tinggi untuk menderita TB.

Selain itu, penelitian Setyoningrum et al. (2024) juga menunjukkan bahwa status gizi berhubungan signifikan dengan kejadian TB pada anak. Dimana, anak dengan malnutrisi memiliki risiko 8,88 kali lebih tinggi untuk terkena TB dibandingkan dengan anak yang memiliki status gizi normal.

Menurut Farsida et al. (2023), malnutrisi berdampak buruk pada respons imun *host*, karena dapat mengganggu imunitas seluler serta mempengaruhi fungsi limfosit T dan produksi sitokin terhadap infeksi TB. Pejelasan tersebut menunjukkan bahwa faktor *host* memiliki peran yang cukup krusial dalam menentukan kerentanan individu terhadap infeksi TB dan perkembangannya.

Status gizi dan TB memiliki hubungan dua arah. Dimana anak dengan status gizi buruk (malnutrisi) lebih berisiko mengalami TB dibandingkan dengan anak yang memiliki status gizi normal. Hal ini berkaitan dengan menurunnya imunitas seorang anak akibat status gizi yang buruk. Di sisi lain, TB juga dapat menyebabkan penurunan status gizi pada anak, sehingga mengakibatkan malnutrisi. Terjadinya malnutrisi dapat meningkatkan risiko sebesar 6-10 kali lipat terhadap berkembangnya TB aktif (Dhanny & Sefriantina, 2021).

d. ASI Eksklusif

Menurut WHO (2023), pemberian ASI eksklusif berarti bayi hanya menerima ASI selama 6 bulan pertama sejak kelahiran. Tidak diberikan cairan atau makanan padat lainnya bahkan air putih pun

tidak, kecuali larutan rehidrasi oral atau tetes/sirup vitamin, mineral, atau obat-obatan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fitria & Rita (2021), meneunjukkan bahwa terdapat hubungan antara pemberian ASI eksklusif dengan kejadian TB paru pada anak. Anak yang tidak memperoleh ASI eksklusif memiliki risiko 3,87 kali lebih tinggi untuk mengalami TB paru dibandingkan dengan anak yang mendapatkan ASI eksklusif. Hal ini disebabkan oleh kandungan zat kekebalan dalam ASI yang melindungi bayi dari berbagai infeksi yang disebabkan oleh bakteri, virus, parasit, dan jamur. Pemberian ASI eksklusif juga berperan dalam menurunkan risiko terjadinya penyakit berat, sementara pemberian makanan padat terlalu dini justru dapat meningkatkan tingkat kesakitan pada bayi.

ASI merupakan sumber nutrisi esensial yang dibutuhkan bayi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya, serta mengandung antibodi yang berperan penting dalam membentuk sistem imun selama masa pertumbuhan. Kandungan zat kekebalan dalam ASI membantu melindungi bayi dari infeksi yang disebabkan oleh bakteri. Pemberian ASI eksklusif terbukti dapat mencegah berbagai penyakit infeksi pada anak. Selain memenuhi kebutuhan gizi, ASI juga memperkuat sistem kekebalan tubuh anak terhadap penyakit. Efektivitas ASI dalam mencegah infeksi dibuktikan dengan rendahnya angka kejadian TB berulang, karena ASI mengandung

enzim lisozim dan immunoglobulin A yang mampu menghancurkan dinding sel bakteri, termasuk *Enterobacter* dan bakteri gram positif seperti *Mycobacterium tuberculosis* (Saidah et al., 2023).

e. Riwayat BBLR

Berat bayi lahir rendah (BBLR) adalah kondisi bayi dengan berat badan saat lahir kurang dari 2.500 gram. Bayi dengan BBLR dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu ibu yang mengalami kekurangan energi kronik (KEK) selama kehamilan, kelahiran prematur, serta gangguan pada fungsi plasenta yang menghambat proses penyaluran nutrisi ke janin (Kemenkes RI, 2024).

Menurut Hamdani et al. (2025), BBLR merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kejadian TB paru pada anak. Dalam penelitiannya, menunjukkan bahwa BBLR memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian TB paru pada anak. Di mana, anak dengan BBLR berisiko 2,6 kali lebih tinggi dari pada anak dengan berat badan lahir normal. Hal ini terjadi karena produksi sel B yang masih terbatas dan sel T yang belum sempurna berkembang sehingga menyebabkan respons imun seluler memiliki perlindungan yang lemah terhadap infeksi bakteri. Anak yang memiliki riwayat BBLR cenderung mengalami hambatan dalam proses pertumbuhannya, keterlambatan pematangan fisik, serta sistem imun yang lemah terhadap infeksi, sehingga lebih rentan terkena penyakit bahkan mengalami komplikasi seirus yang dapat berakibat pada kematian.

f. Imunisasi BCG

Vaksin BCG (*Bacille Calmette-Guerin*) mengandung *Mycobacterium bovis* yang telah dilemahkan. Pemberian vaksin BCG bertujuan untuk melindungi tubuh dari infeksi TB. Meskipun tingkat efektivitasnya bervariasi hingga mencapai 90%, vaksin ini terbukti efektif dalam mencegah bentuk TB berat seperti TB milier dan meningitis TB. Berdasarkan Program Pengembangan Imunisasi Indonesia, vaksin BCG diberikan kepada bayi berusia 0-2 bulan yang dilahirkan dari ibu dengan status HIV negatif atau status HIV-nya belum diketahui (Kemenkes RI, 2023).

Imunisasi merupakan upaya untuk meningkatkan derajat imunitas seseorang dengan cara menstimulasi respons memori terhadap patogen atau toksik tertentu melalui pemberian antigen yang tidak bersifat virulen atau toksik, seperti vaksin. Riwayat imunisasi BCG menjadi salah satu faktor yang berhubungan dengan kejadian TB pada anak. Di mana, anak yang tidak melakukan imunisasi BCG berisiko 8,3 kali lebih tinggi untuk mengalami TB dibandingkan dengan anak yang melakukan imunisasi BCG (Muharam et al., 2023).

Penelitian Wulanda & Delilah (2021) juga menjelaskan bahwa imunisasi BCG berhubungan signifikan dengan kejadian TB pada anak. Anak yang tidak diberi imunisasi BCG berisiko 6,87 kali lebih tinggi untuk mengalami TB dibandingkan dengan anak yang diberi

imunisasi BCG. Dalam penelitian ini, menyatakan bahwa sekitar 85% kasus TB pada anak terjadi pada akibat tidak diberi imunisasi BCG.

Selain itu, penelitian Fitria & Rita (2021) menjelaskan bahwa anak yang tidak diimunisasi BCG memiliki risiko 4,44 kali lebih tinggi untuk terkena TB paru dibandingkan dengan anak yang diimunisasi BCG. Pada penelitian ini status imunisasi didasarkan pada keberadaan *scar* BCG. Ketiadaan *scar* BCG menunjukkan status imunisasi BCG yang meragukan. Karena dalam penelitian ini status imunisasi didapatkan hanya berdasarkan ingatan orang tua/pengasuh saja, maka terdapat kemungkinan *recall bias* (kesalahan dalam mengingat). Sehingga, *scar* BCG seringkali dijadikan sebagai penanda (*marker*) pernah atau tidaknya seorang anak menerima imunisasi BCG.

3. Faktor Lingkungan (*Environment*)

Faktor lingkungan (*environment*) merupakan seluruh elemen di sekitar manusia serta berbagai pengaruh eksternal yang dapat mempengaruhi kehidupan dan proses perkembangan manusia (Sari et al., 2021). Beberapa faktor lingkungan yang berhubungan dengan kejadian TB pada anak adalah sebagai berikut:

a. Riwayat Kontak

Kontak merupakan orang yang terpapar atau pernah berinteraksi langsung dengan kasus indeks (semua pasien TB baru atau kambuh yang terkonfirmasi bakteriologis), misalnya mereka yang tinggal

serumah, sekamar, satu asrama, satu tempat kerja, satu kelas, atau satu tempat penitipan/pengasuhan. Istilah kontak terbagi menjadi dua, yaitu kontak serumah dan kontak erat. Kontak serumah merujuk pada orang yang tinggal serumah setidaknya satu malam, atau yang sering tinggal serumah pada siang hari dengan kasus indeks, dalam kurun waktu 3 bulan terakhir sebelum kasus indeks mulai mendapat obat anti TB (OAT). Sedangkan, kontak erat adalah orang yang tidak tinggal satu rumah dengan kasus indeks, tetapi sering bertemu dalam waktu yang cukup lama, sehingga tingkat paparannya hampir setara dengan kontak serumah. Contohnya adalah orang yang berada dalam satu ruangan atau lingkungan yang sama (seperti di tempat kerja, fasilitas umum, rumah sakit, sekolah, atau tempat penitipan anak) dalam kurun waktu 3 bulan terakhir sebelum kasus indeks minum OAT (Kemenkes RI, 2019).

Menurut Baun et al. (2023) riwayat kontak memiliki pengaruh paling tinggi terhadap kejadian TB pada anak. Penelitiannya menunjukkan bahwa riwayat kontak TB memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian TB paru pada anak. Dijelaskan bahwa anak yang memiliki riwayat kontak dengan penderita TB berisiko 45 kali lebih tinggi untuk mengalami TB dibandingkan dengan anak yang tidak kontak dengan penderita TB.

Selain itu, penelitian Soesanto et al. (2022) juga menyatakan adanya hubungan bermakna antara riwayat kontak dengan kejadian

TB pada anak. Dimana anak yang memiliki riwayat kontak dengan penderita TB dewasa berisiko 9,28 kali lebih tinggi dibandingkan dengan anak yang tidak memiliki riwayat kontak. Hal ini disebabkan karena anak-anak memiliki kerentanan tinggi terhadap penularan bakteri TB dari orang dewasa. Penderita dewasa dapat melepaskan bakteri ke udara melalui percikan dahak (droplet) saat berbicara, batuk atau bersin. Droplet yang mengandung bakteri ini dapat tetap bertahan di udara selama beberapa jam pada suhu kamar, sehingga dapat terhirup oleh orang di sekitarnya, termasuk anak-anak.

b. Suhu Kamar

Berdasarkan Permenkes RI (2023), suhu yang memenuhi syarat yaitu di antara 18-30°C, sedangkan tidak memenuhi syarat yaitu <18°C atau >30°C. Ruangan dengan suhu tidak memenuhi syarat berpotensi menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme (Budi et al., 2024).

Suhu kamar memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian TB pada anak. Anak yang tinggal di ruangan dengan suhu kamar yang tidak memenuhi syarat berisiko 2,61 kali untuk terkena TB dibandingkan dengan anak yang tinggal dalam ruangan dengan suhu yang memenuhi syarat. Hal ini terjadi karena *Mycobacterium tuberculosis* adalah jenis bakteri *mesofilik* yang dapat berkembang secara optimal pada keadaan suhu 31-37°C (Bunga et al., 2022).

Selain itu, penelitian Akhmalnihar et al. (2024) juga menjelaskan bahwa suhu ruangan berhubungan signifikan dengan kejadian TB paru. Suhu ruangan yang tidak memenuhi syarat berisiko 4,6 kali terhadap kejadian TB paru dibandingkan dengan suhu ruangan yang memenuhi syarat. Hal ini terjadi karena suhu memainkan peran yang sangat penting dalam perkembangan bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, dimana perkembangannya ditentukan oleh suhu di sekitarnya. Kondisi suhu ini erat kaitannya dengan sirkulasi udara di dalam rumah, dan menjadi tidak memenuhi syarat kesehatan karena ventilasinya <10% dari luas lantai.

c. Kelembaban Udara

Berdasarkan Permenkes RI (2023), kelembaban yang memenuhi syarat yaitu di antara 40-60%, sedangkan yang tidak memenuhi syarat yaitu <40% atau >60%. Kondisi kelembaban yang tidak memenuhi syarat (terutama tingkat kelembaban tinggi) berpotensi menyebabkan bakteri hidup dengan baik di dalam ruangan (Budi et al., 2024).

Kelembaban kamar merupakan determinan penting terhadap kejadian TB. Kelembaban kamar memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian TB pada anak. Risiko kejadian TB pada anak 5,8 kali lebih tinggi pada kondisi kelembaban udara kamar yang tidak memenuhi syarat (<40% - >60%) dibandingkan dengan kondisi kelembaban kamar yang memenuhi syarat kesehatan. Hal ini

disebabkan karena kelembaban kamar yang terlalu tinggi maupun rendah merupakan kondisi ideal untuk berkembangnya *Mycobacterium tuberculosis* secara optimal (Bunga et al., 2022).

Dalam penelitian Akhmalnihar et al. (2024) menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kelembaban udara di dalam rumah dengan kejadian TB paru. Kelembaban yang tidak memenuhi syarat berisiko 3,7 kali lebih tinggi terhadap kejadian TB paru dibandingkan dengan kelembaban yang memenuhi syarat. Kelembaban udara yang tidak sesuai standar kesehatan dapat diakibatkan oleh buruknya konstruksi rumah, seperti atap yang bocor, dinding dan lantai yang tidak kedap air, serta kekurangan pencahayaan baik alami maupun buatan. Kondisi lembab di dalam rumah dapat menciptakan lingkungan ideal untuk berkembangnya mikroorganisme, seperti bakteri, spiroket, ricketsia, dan virus, yang berpotensi menyebar melalui udara ke penghuni rumah. Tingkat kelembaban yang tinggi (terutama >80% volume sel bakteri) menjadi faktor esensial yang mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup mikroorganisme tersebut. Oleh karena itu, rumah yang memiliki kelembaban tinggi menjadi tempat yang kondusif bagi penyebaran mikroorganisme.

d. Luas Ventilasi

Ventilasi berperan sebagai sarana pertukaran udara yang membantu menjaga kesegaran udara di dalam rumah serta

berkontribusi dalam mengurangi keberadaan bakteri di udara. Ventilasi kamar berhubungan signifikan dengan kejadian TB. Anak yang tinggal dengan kondisi ventilasi kamar tidak memenuhi syarat ($<10\%$ luas lantai) berisiko 2,83 kali lebih tinggi untuk terkena TB dibandingkan dengan anak yang tinggal di ruangan dengan ventilasi kamar yang memenuhi syarat kesehatan ($\geq 10\%$ luas lantai). Hal ini terjadi karena ventilasi kamar yang tidak sesuai dengan standar kesehatan dapat meningkatkan risiko penularan *M.tuberculosis* akibat kurangnya sirkulasi udara yang baik (statis). Sirkulasi udara yang statis dapat menjadi tempat berkumpulnya bakteri TB, sehingga berpotensi untuk terhirup dan menginfeksi anak (Bunga et al., 2022).

Selain itu, penelitian Rokot et al. (2023) menjelaskan bahwa ventilasi berhubungan signifikan dengan kejadian TB paru. Kondisi ventilasi yang tidak memenuhi syarat berisiko 3,38 kali terhadap kejadian TB paru dibandingkan dengan kondisi ventilasi yang memenuhi syarat. Ventilasi berfungsi untuk mengalirkan udara serta dapat membantu memasukan cahaya matahari. Ventilasi yang baik dapat mengalirkan udara sehingga dapat mengurangi jumlah percikan dahak yang mengandung bakteri TB. Selain itu, sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan dapat membunuh bakteri. Sedangkan, ventilasi yang tidak memenuhi syarat kesehatan akan menyebabkan terhalangnya proses sirkulasi udara dan sinar matahari yang masuk ke

dalam rumah, sehingga bakteri TB yang ada di udara dalam rumah tidak dapat keluar dan ikut terhirup bersama udara.

e. Pencahayaan

Berdasarkan Permenkes RI (2023), pencahayaan yang memenuhi syarat yaitu lebih dari 60 lux, sedangkan yang tidak memenuhi syarat adalah ≤ 60 lux. Pencahayaan alami mampu membunuh bakteri dan kuman pada penyakit menular, seperti TB, influenza, dapat menurunkan kelembaban ruangan, serta dapat mengusir nyamuk atau serangga lainnya (Budi et al., 2024).

Paparan sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai upaya pencegahan terhadap penyakit TB paru. Bakteri TB cenderung bertahan hidup di lingkungan yang dingin, lembab, dan gelap tanpa matahari selama bertahun-tahun, namun akan mati jika terpapar sinar matahari. Diketahui bahwa pencahayaan alami memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian TB paru. Pencahayaan dalam rumah yang tidak memenuhi syarat berisiko 4,45 kali lebih tinggi terhadap kejadian TB paru dibandingkan dengan pencahayaan yang memenuhi syarat (Rokot et al., 2023).

f. Jenis Lantai

Berdasarkan Permenkes RI (2023), jenis lantai rumah yang memenuhi syarat yaitu terbuat dari bahan yang kuat, rata, kedap air, tidak licin, dan mudah dibersihkan. Sedangkan yang tidak memenuhi syarat adalah lantai yang masih tanah dan tidak kedap air. Lantai ini

dapat meningkatkan kelembaban rumah, sehingga bakteri TB dapat berkembang dengan cepat. Penelitian Budi et al. (2024) membuktikan bahwa jenis lantai rumah berhubungan signifikan dengan kejadian TB paru. Rumah dengan jenis lantai tanah dan tidak kedap air berisiko 3,5 kali lebih tinggi terhadap kejadian TB paru dibandingkan dengan jenis lantai keramik.

g. Jenis Dinding

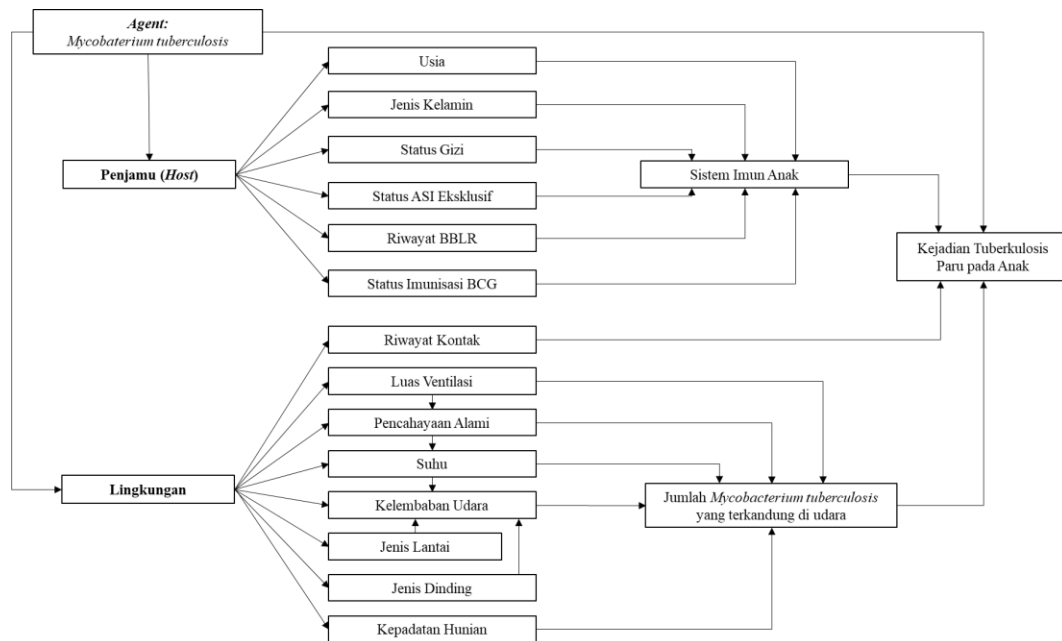
Berdasarkan Permenkes RI (2023), jenis dinding yang memenuhi syarat adalah dinding yang terbuat dari bahan yang mudah dibersihkan, permukaan halus dan rata, tahan lama, dan kedap air. Sedangkan dinding yang tidak memenuhi syarat yaitu dinding yang terbuat dari bambu atau kayu, sulit untuk dibersihkan, permukaan kasar, serta tidak kedap air. Jenis dinding rumah berkaitan dengan penularan TB paru, karena jenis dinding berpengaruh terhadap kelembaban rumah. Dalam penelitian Budi et al. (2024) menjelaskan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara jenis dinding dengan kejadian TB paru. Jenis dinding yang tidak memenuhi syarat berisiko 4,12 kali lebih tinggi terhadap kejadian TB paru dibandingkan dengan jenis dinding yang memenuhi syarat.

h. Kepadatan Hunian

Berdasarkan Permenkes RI (2023), tingkat kepadatan hunian yang memenuhi syarat adalah kebutuhan luas bangunan dan lahan dengan cakupan kepala keluarga dengan 3 jiwa yaitu 21,6-28,8 m² dan

cakupan kepala keluarga dengan 4 jiwa yaitu 28,8-36 m². Pada penelitian Syukur et al. (2024) menunjukkan adanya hubungan antara kepadatan hunian dengan kejadian TB paru pada anak. Dimana, anak yang tinggal dalam hunian yang padat memiliki risiko 3,847 kali lebih tinggi dibandingkan dengan anak yang tinggal dalam hunian yang tidak padat. Hal ini terjadi karena semakin padat suatu tempat tinggal, semakin cepat pula penularan TB terjadi. Ini disebabkan oleh fakta bahwa bakteri TB menyebar melalui udara, sehingga rumah yang padat mempermudah penularan. Apabila rumah padat, sirkulasi udara menjadi tidak lancar, sehingga meningkatkan risiko penularan bakteri TB antar penghuni rumah.

C. Kerangka Teori



Gambar 2. 4 Kerangka Teori

(Sumber: John Gordon & La Rich (1950); Kemenkes RI (2020); Kemenkes RI (2023); Ekawati (2022); Soesanto et al. (2022); Setyoningrum et al. (2024); Fitria & Rita (2021); Baun et al. (2023); Saidah et al. (2023); Wulanda & Delilah (2021); Bunga et al. (2022); Akhmalnihar et al. (2024); Rokot et al. (2023))