

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

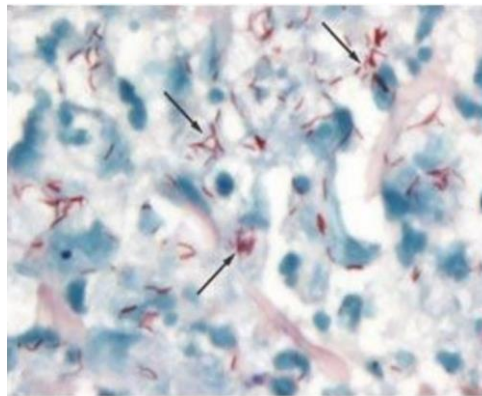
A. Tuberkulosis Paru

1. Pengertian TB Paru

Tuberkulosis (TB) Paru merupakan penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* yang umumnya menyerang paru-paru namun dapat menyerang organ tubuh lainnya. Pada usia produktif dari 15 hingga 49 tahun memiliki risiko yang lebih tinggi untuk terkena penyakit ini dibandingkan kelompok usia lainnya. Penderita TBC dengan BTA positif berpotensi menularkan infeksi kepada individu dari semua kelompok umur. (Tamunu et al., 2022). Tingginya angka kejadian tuberkulosis paru dapat memberikan dampak signifikan terhadap kualitas hidup, kondisi sosial, dan aspek ekonomi, serta berpotensi menimbulkan ancaman terhadap keselamatan jiwa (Puspitasari et al., 2023).

Mycobacterium tuberculosis merupakan basil berbentuk batang dengan lebar sekitar 0,2–0,5 μm dan panjang 2–4 μm . Karena ukurannya yang sangat kecil, basil ini hanya dapat diamati menggunakan mikroskop. Ukuran mikroskopis tersebut memungkinkan *M. tuberculosis* untuk menginvasi dan berkembang di dalam sel makrofag paru, yang berfungsi sebagai tempat perlindungan bagi basil untuk bertahan hidup serta memicu terjadinya infeksi kronis

Bakteri penyebab tuberkulosis (TB) umumnya dapat dikenali melalui pewarnaan khusus seperti *Ziehl-Neelsen*. Dalam teknik ini, basil TB menunjukkan warna merah terang dengan latar biru atau hijau karena kemampuannya yang tahan terhadap asam (*acid-fast*). Saat diamati menggunakan mikroskop, basil TB sering ditemukan dalam sampel dahak dari pasien yang terinfeksi, dan menjadi salah satu metode utama dalam menegakkan diagnosis TB paru. Selain itu, metode pewarnaan *fluorescent* seperti *Auramine-Rhodamine* membuat basil TB tampak berpendar kuning kehijauan di bawah mikroskop fluoresensi. (Manurung et al., 2013)



Gambar 2.1 Ziehl-Neelsen pembesaran 1000x digunakan untuk mengidentifikasi *Mycobacterium tuberculosis* (Ram dkk, 2007).

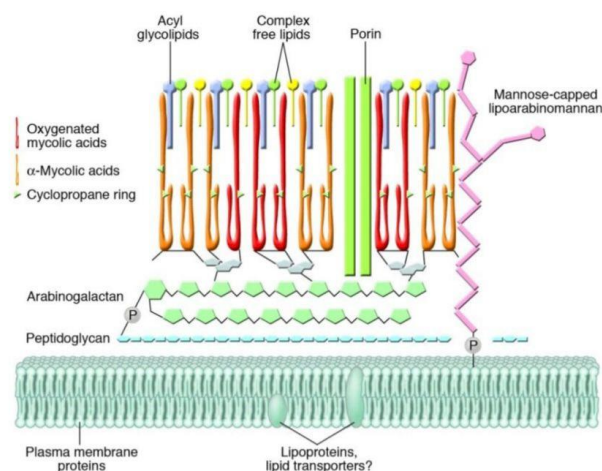
B. Etiologi

Bakteri berbahaya dari *Famili Mycobacteriaceae*, *M tuberculosis* adalah penyebab penyakit TBC pada manusia. Mikroorganisme ini dilengkapi dinding sel. Untuk melewati mitosis, lipoid memiliki sifat yang tahan asam sehingga memerlukan waktu 12 hingga 24 jam. Mereka juga rentan terhadap cahaya, radiasi UV, dan air, yang menyebabkan mereka cepat mati jika terkena sinar matahari. Mereka juga mati di lingkungan air yang dipanaskan hingga 1000 derajat

Celcius dalam waktu kurang dari dua menit, dan mereka mati jika terkena alkohol 70% atau lysol 50% (Tamunu et al., 2022).

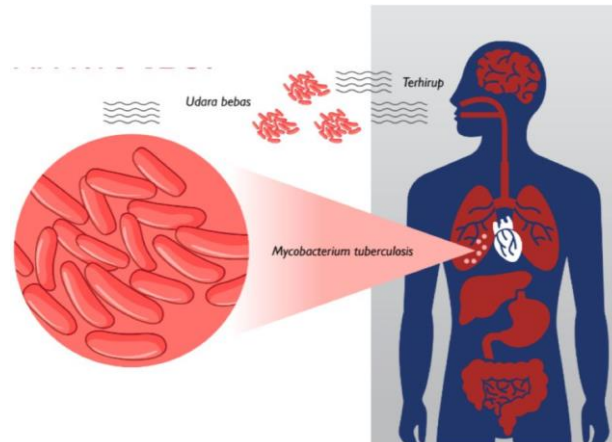
C. Morfologi dan Fisiologi

Basil *Mycobacterium Tuberculosis* berukuran panjang berkisar 1-4 mikrometer dan lebar berkisar 0,3-0,6 mikrometer (Buntuan, 2014). Berdasarkan observasi melalui mikroskop, struktur membran plasma dan dinding sel tersusun tiga struktur lapisan. Bakteri ini memiliki bentuk batang dengan sifat non-sporogenik (tidak membentuk spora), aerobik (membutuhkan oksigen), serta menunjukkan sifat tahan asam (acid-fast) (Cahyadi, 2011). Komponen utama dari dinding sel *M. tuberculosis* adalah lipid kompleks, terutama asam mikolat (mycolic acid), yang berperan penting dalam ketahanan struktural dan fisiologisnya. Selain itu, dinding sel bakteri ini juga mengandung lipoarabinomannan (LAM) berfungsi sebagai salah satu faktor virulensi penting yang berkontribusi dalam mekanisme patogenisitas *M. tuberculosis* dan mampu menghambat fungsi fagositik makrofag dengan cara mencegah pematangan fagosom, serta mengganggu jalur pensinyalan yang terkait dengan respons anti-inflamasi (Welin, 2011).



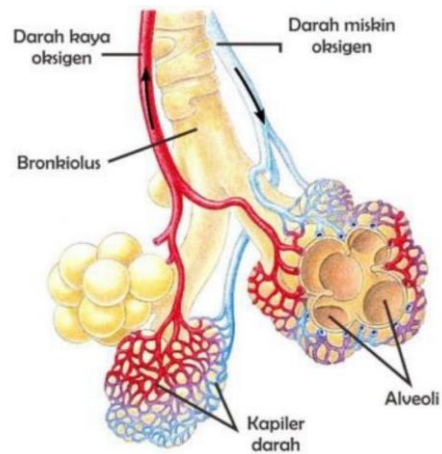
Gambar 2.2 Struktur dinding sel *Mycobacterium tuberculosis* (Riley, 2006)

D. Patogenesis Tuberkulosis Paru



Gambar 2.3 Penularan droplet *Mycobacterium tuberculosis* melalui udara

Mycobacterium tuberculosis menyebar melalui droplet udara atau disebut juga aerosol mengandung agen infeksius saat individu yang terinfeksi batuk, bersin, atau berbicara. Aerosol merupakan campuran partikel padat atau tetesan cair yang sangat kecil yang terdispersi dalam gas, biasanya udara. Penderita tuberkulosis yang telah menjalani pengobatan selama minimal dua minggu tanpa henti umumnya memiliki risiko penularan yang sangat rendah terhadap individu lain (Manurung et al., 2013). Namun demikian, droplet yang mengandung *Mycobacterium tuberculosis* dapat tetap melayang di udara selama lebih dari delapan jam, khususnya pada lingkungan tempat tinggal yang tidak memenuhi persyaratan ventilasi dan sirkulasi udara yang baik

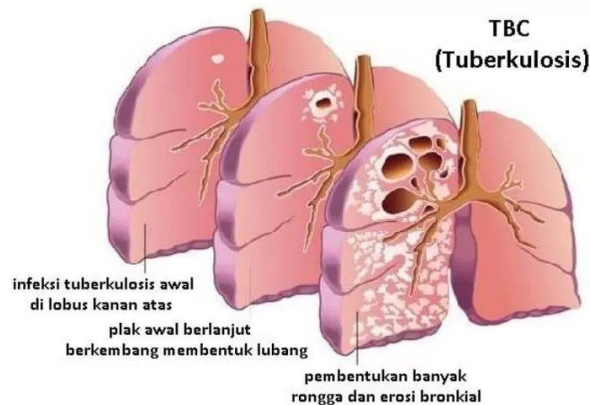


Gambar 2.4 Struktur alveolus manusia (Munawir, 2020)

Alveoli manusia memiliki diameter sekitar 0,2-0,5 milimeter, sedangkan Droplet yang mengandung *Mycobacterium tuberculosis* berukuran sangat kecil, yaitu kurang dari 5–10 mikrometer, sehingga mampu mencapai saluran pernapasan terminal, khususnya alveolus. Saat terhirup oleh individu yang rentan, basil dapat membentuk sarang infeksi primer yang dikenal sebagai afek primer (Cahyadi, 2011). Setelah masuk ke dalam tubuh, terdapat empat kemungkinan respon yang dapat terjadi, yaitu eliminasi bakteri oleh sistem imun, perkembangan infeksi laten tanpa gejala, timbulnya infeksi aktif, atau reaktivasi infeksi laten setelah bertahun-tahun menjadi hidup kembali dalam keadaan dorman.

Mycobacterium tuberculosis dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada paru dan mampu mencapai alveolus. Jika sistem imun inang tidak berhasil mengeliminasi bakteri, basil akan berproliferasi di dalam sel makrofag (sel darah putih) pada alveolar sebelum membunuh sel. Makrofag yang terkena *Mycobacterium tuberculosis* akan mengeluarkan kemokin dan sitokin kemudian merekrut sel imun lain seperti neutrofil, makrofag alveolar, dan monosit, sehingga

terbentuk granuloma yang dikenal sebagai tuberkel. Jika pertumbuhan basil tidak terkendali, tuberkel dapat membesar dan menyebar ke kelenjar getah bening, menimbulkan limfadenopati sebagai salah satu tanda khas TB. Perluasan lesi ke kelenjar getah bening dan parenkim paru membentuk Ghon yang kompleks, dan pada tahap awal infeksi dapat terjadi penyebaran basil melalui darah (Wani, 2013).



Gambar 2.5 Proses penyebaran infeksi TB Paru (Alshammri, 2020)

Setelah masuk ke dalam tubuh, *Mycobacterium tuberculosis* akan berkembang biak dan dimakan oleh makrofag, yaitu sel pertahanan tubuh. Namun, bakteri ini bisa bertahan hidup di dalam makrofag, bahkan tetap ada dalam keadaan tidur (dorman) selama bertahun-tahun. Sebagian bakteri bisa menyebar ke bagian hilus paru, kelenjar getah bening di dada, dan juga ke bagian tubuh lain seperti hati, limpa, ginjal dan selaput otak. Bagian atas paru atau nama ilmiahnya apeks menjadi lokasi yang sering disukai bakteri ini, kemungkinan karena kaya oksigen, meskipun alasan pastinya belum diketahui. Bakteri TB juga bisa mengelabui sistem pertahanan sel dengan menghambat pembentukan fagolisosom, yaitu struktur yang biasanya menghancurkan kuman di dalam makrofag. Akibatnya, bakteri tetap bisa berkembang biak. Dalam waktu sekitar tiga minggu setelah terpapar, tubuh mulai membentuk respons kekebalan melalui sel-sel imun, dan antigen akan dikirim ke

kelenjar getah bening terdekat. Jika bakteri menyebar luas ke seluruh tubuh, maka akan terjadi tuberkulosis milier. Kondisi ini bisa membuat penderitanya mengalami gejala berat seperti penurunan berat badan yang drastis, batuk (kadang disertai darah), dan rasa lelah yang terus-menerus (PDPI, 2021; CDC, 2022).

Penularan tuberkulosis (TB) sangat bergantung pada jarak, ventilasi, dan lama paparan. Pada jarak 2 meter, risiko penularan sangat tinggi, terutama jika berada dalam ruangan tertutup tanpa ventilasi yang baik. Droplet nuklei yang mengandung bakteri *Mycobacterium tuberculosis* masih sangat pekat di sekitar penderita TB aktif dan dapat dengan mudah terhirup oleh orang di sekitarnya, terutama jika terpapar dalam waktu lama. Pada jarak 4 meter, risiko masih cukup tinggi dalam ruangan tertutup, meskipun lebih rendah dibanding jarak 2 meter. Jika ventilasi buruk dan durasi kontak lama, penularan tetap mungkin terjadi. Di jarak 6 meter, risiko mulai menurun karena jumlah droplet di udara sudah jauh berkurang. Namun, dalam ruangan yang tidak berventilasi dan dengan paparan lama, penularan masih bisa terjadi. Sementara pada jarak 8 meter atau lebih, risiko penularan menjadi sangat rendah, terutama di ruang terbuka atau ruangan dengan ventilasi baik. Droplet TB umumnya tidak akan mencapai jarak sejauh ini dalam bentuk yang masih infeksius, kecuali pada kondisi ekstrem seperti ruangan tertutup total tanpa sirkulasi udara. Centers for Disease Control and Prevention menekankan pentingnya faktor lingkungan dalam penularan TB. Oleh karena itu, untuk mencegah penularan TB di semua jarak, sangat penting memastikan kondisi fisik rumah yang baik. (CDC, 2022)

E. Gejala Tuberkulosis

Penyakit tuberkulosis paru sering kali tidak menunjukkan gejala yang khas atau berbeda dari penyakit pernapasan lainnya. Pada sebagian kasus, gejalanya bahkan bisa tidak terlihat (asintomatik), dan hanya muncul sebagai demam ringan yang sering diabaikan. Secara umum, gejala umum dan sistemik merupakan jenis gejala tuberkulosis paru (Mawardi et al., 2019).

1. Tanda dan ciri-ciri awal yang sering menyertai tuberkulosis paru antara lain :
 - a. Berat badan menurun tanpa penyebab yang jelas, contohnya berat badan anak tidak mengalami peningkatan dalam waktu satu bulan meskipun telah mendapat intervensi gizi.
 - b. Selera makan menurun, pada anak tampak tanda-tanda gagal tumbuh dengan tidak sesuainya peningkatan berat badan dengan usia.
 - c. Mengalami demam yang berlangsung lama atau berulang tanpa penyebab spesifik yang dapat diidentifikasi dan sering disertai keringat malam.
 - d. Mengalami pembengkakan pada kelenjar getah bening, terutama di daerah ketiak dan leher
 - e. Serangan batuk yang berlangsung 30 hari lebih, baik disertai dahak maupun tidak, atau berupa batuk berdarah.
2. Tuberkulosis paru juga dapat menunjukkan gejala sistemik berikut :
 - a. Penderita TB biasanya mengalami demam yang sering muncul di sore atau malam hari, dan sering disertai keringat dingin meskipun tidak sedang melakukan aktivitas berat. Demam ini bisa hilang sendiri, tapi kemudian

muncul lagi beberapa bulan kemudian, sering kali mirip dengan gejala flu dan terlihat seperti sudah sembuh.

- b. Gejala lain yang umum dirasakan adalah tubuh terasa lemah dan tidak bugar dalam waktu lama. Penderita bisa merasa lemas, tidak fit, nyeri otot, kehilangan selera makan, turunnya berat badan secara drastis, sakit kepala dan mudah sekali lelah. Keluhan ini bisa muncul pada semua jenis TB.

F. Tindakan Preventif Penyebaran Kuman Tuberkulosis

1. Menutup area mulut dan hidung ketika batuk atau bersin.

Penularan tuberkulosis (TBC) terjadi melalui percikan sputum maupun saliva ketika penderita batuk ataupun bersin. Oleh karena itu, menutup mulut menggunakan tisu lalu melakukan pembuangan secara cepat pada tempat sampah sangatlah penting atau jika tisu tidak tersedia bisa dilakukan dengan menutup mulut dengan lengan bagian dalam. Kebiasaan membuang dahak atau meludah secara sembarangan di tempat umum sangat tidak dianjurkan, karena *tuberculosis* yang terkandung dalam ludah dapat ditularkan melalui udara dan orang sekitar berisiko menghirup. Untuk membuang saliva atau sputum, sebaiknya dilakukan di toilet dan disiram hingga bersih agar tidak mencemari lingkungan. Jika tidak memungkinkan menggunakan kamar mandi, meludah dapat dilakukan di tempat yang memiliki aliran air seperti selokan atau sungai kecil, agar bakteri tidak menetap dan menulari orang lain.

2. Membatasi interaksi fisik langsung dengan anak-anak

Sebisa mungkin, interaksi langsung atau kedekatan fisik dengan bayi, balita, maupun anak-anak perlu dihindari, mengingat sistem imun mereka masih dalam tahap perkembangan dan relatif lebih rentan terhadap infeksi

3. Biarkan cahaya matahari menerangi bagian dalam ruangan.

Di udara terbuka, umumnya bakteri penyebab tuberkulosis (TB) dapat bertahan selama satu hingga dua jam, bergantung pada keberadaan sinar matahari, tingkat kelembapan, serta sirkulasi udara. Dalam lingkungan yang gelap, lembap, dan bersuhu rendah, bakteri TB dapat bertahan hidup selama beberapa hari hingga berbulan-bulan. Namun, paparan langsung terhadap sinar matahari dapat membunuh bakteri tersebut secara cepat. Oleh karena itu, disarankan untuk membuka ventilasi ataupun tirai saat cuaca cerah guna memungkinkan masuknya cahaya matahari ke dalam ruangan, sehingga membantu membasmi bakteri TB yang mungkin terdapat di dalam rumah. Selain itu, peningkatan ventilasi melalui jendela yang terbuka juga mendukung pergerakan udara yang dapat mendorong bakteri keluar dan mempercepat kematian mereka akibat paparan sinar ultraviolet.

G. Faktor Resiko Yang Berkaitan Dengan TB

Ada dua faktor resiko yang berkaitan pada kejadian penyakit TB paru yaitu faktor individu dan lingkungan :

1. Faktor individu

a. Usia

Faktor usia memiliki kontribusi signifikan terhadap kejadian tuberkulosis paru. Anak-anak termasuk kelompok yang rentan karena daya tahan tubuh mereka masih belum sempurna dan tingkat kekebalan tubuhnya relatif rendah dibandingkan orang dewasa. Oleh sebab itu, usia yang lebih muda cenderung memiliki risiko lebih tinggi terinfeksi tuberkulosis (Dinata et al., 2020). Usia merupakan faktor risiko dengan pola distribusi kurva normal terbalik, di mana risiko meningkat sejak usia dua tahun hingga usia dewasa muda (Marlinae et

al., 2019). Sementara itu, usia produktif yakni rentang usia 15 hingga 49 tahun merupakan fase ketika individu seharusnya aktif secara sosial dan ekonomi. Sekitar 75% kasus tuberkulosis paru terjadi pada kelompok usia ini. Tak hanya pada kesehatan, infeksi pada usia produktif juga berpotensi menurunkan produktivitas dan meningkatkan beban sosial serta ekonomi bagi keluarga (Agus Nurjana. Made, 2018).

b. Jenis kelamin

Berdasarkan laporan WHO tahun 2012, di sebagian besar wilayah dunia, laki-laki lebih banyak ditemukan menderita tuberkulosis dibandingkan pada perempuan. Data pada rentang tahun 1985 hingga 1987 menunjukkan bahwa kasus tuberkulosis terhadap laki-laki meningkat sebesar 2,5%, sedangkan terhadap perempuan berkurang sebesar 0,7%. Perbedaan ini diperkirakan berkaitan dengan kebiasaan yang berisiko, seperti merokok aktif, yang lebih sering dilakukan oleh laki-laki. Kebiasaan tersebut dapat melemahkan saluran pernapasan dan meningkatkan kemungkinan terinfeksi *Mycobacterium tuberculosis* (Marlinae et al, 2019)

c. Tingkat Pendidikan

Pendidikan dan pengetahuan sangat berkaitan erat. Pendidikan yang rendah cenderung membatasi akses individu terhadap informasi mengenai gejala dan pengobatan tuberkulosis (Kemenkes RI, 2011). Pendidikan terakhir seseorang mencerminkan perilaku kesehatannya; semakin rendah tingkat pendidikan, semakin minim pula pengetahuan tentang kesehatan. Hal ini, baik secara tidak langsung maupun langsung, dapat memengaruhi kondisi lingkungan biologis, sosial dan fisik yang berdampak negatif terhadap sistem kondisi tubuh,

termasuk peningkatan kasus TB dan ketidakteraturan dalam mengonsumsi obat (Muaz, 2014).

d. Pekerjaan

Pekerjaan merupakan aktivitas yang dilakukan seseorang dengan tujuan tertentu secara tepat dan benar. Melalui pekerjaan, individu memperoleh pendapatan yang dipakai sebagai memenuhi keperluan hidup sehari-hari (Setiawan, 2022).

e. Status gizi

Pada orang dewasa dengan status malnutrisi memiliki risiko 3,7 kali lebih tinggi untuk mengalami tuberkulosis paru berat dibandingkan individu dengan nutrisi optimal. Kekurangan gizi dapat melemahkan imunitas dan menurunkan pertahanan tubuh, sehingga meningkatkan kerentanan infeksi TB paru.

f. Kondisi sosial ekonomi

Sosial ekonomi dan pendidikan sangat berkaitan erat, seperti kondisi sanitasi lingkungan, status gizi, dan akses terhadap layanan kesehatan. Pendapatan yang menurun dapat mengurangi kapasitas pembelian masyarakat, terutama pada pemenuhan kebutuhan pangan, yang akhirnya berdampak pada status gizi. Gizi yang buruk akan melemahkan sistem kekebalan tubuh, sehingga meningkatkan risiko terinfeksi tuberkulosis paru.

g. Perilaku

Mengacu pada perilaku atau kebiasaan yang berkontribusi terhadap meningkatnya kerentanan individu terhadap infeksi atau penularan kuman *Mycobacterium tuberculosis* misalnya:

- 1) Kebiasaan merokok, yang dapat merusak saluran pernapasan dan menurunkan daya tahan tubuh.
- 2) Durasi kontak yang lama dengan penderita tuberkulosis, terutama dalam ruang tertutup tanpa ventilasi memadai.
- 3) Kebiasaan membuang dahak (sputum) secara sembarangan, yang meningkatkan risiko penularan di lingkungan sekitar.
- 4) Batuk atau bersin tanpa etika batuk yang benar, contohnya seperti tidak menutup mulut dengan tisu atau siku bagian dalam ketika bersin.
- 5) Kebiasaan tidak membuka jendela rumah, yang menyebabkan sirkulasi udara buruk dan mendukung keberlangsungan hidup kuman TB di udara.

h. Faktor lingkungan

Segala sesuatu yang ada di luar diri seseorang merupakan definisi dari Lingkungan. Baik berupa wujud fisik maupun tidak berwujud, konsep spesifik maupun abstrak yang terbentuk dari interaksi antar manusia, termasuk orang lain. Lingkungan merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pengobatan penyakit, terutama jika lingkungan tempat tinggal tidak mengganggu kesehatan. Sebagai tempat tinggal, rumah merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap kesehatan penghuninya. Ada beberapa indikator fisik rumah sehat yang dapat membantu dalam mencegah TBC pada anak, antara lain:

1) Ventilasi

Ventilasi atau jendela berfungsi tidak hanya sebagai jalur keluar masuk udara, tetapi juga sebagai sumber pencahayaan alami dari luar ruangan, yang berperan dalam menjaga kesegaran udara di dalam rumah. Kurangnya ventilasi

dapat menyebabkan peningkatan kelembapan udara akibat penguapan cairan dari kulit serta proses penyerapan, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap kualitas udara. Kondisi ruangan tanpa ventilasi yang memadai dapat membahayakan kesehatan, terutama apabila terjadi pencemaran oleh bakteri, seperti *Mycobacterium tuberculosis*, maupun oleh zat kimia organik atau anorganik. Ventilasi juga berperan dalam mengurangi konsentrasi bakteri patogen di udara, karena memungkinkan terjadinya aliran udara yang terus menerus. Udara yang bergerak membawa partikel-partikel termasuk bakteri, sehingga mengurangi risiko infeksi. Jika luas ventilasi tidak memenuhi standar kesehatan, maka pertukaran udara dan masuknya cahaya matahari akan terhambat, yang berakibat pada terperangkapnya kuman tuberkulosis di dalam rumah dan memungkinkan kuman tersebut terhirup kembali oleh penghuni rumah (Purnama, 2017).

Udara segar dibutuhkan di dalam rumah untuk menggantikan udara yang telah tercemar atau terpakai. Udara yang bersih dan segar berperan dalam menjaga suhu serta kelembapan udara dalam ruangan agar tetap nyaman dan sehat. Mengacu pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 laju ventilasi yang memenuhi standar kesehatan berkisar antara 0,15 hingga 0,25 meter per detik. Sementara itu, luas ventilasi yang dianggap memenuhi persyaratan kesehatan adalah minimal 10% dari luas lantai bangunan. Apabila luas ventilasi kurang dari 10% dari luas lantai, maka ventilasi tersebut dikategorikan tidak memenuhi standar kesehatan. Oleh karena itu, ventilasi yang baik harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

- a) Udara yang masuk ke dalam ruangan harus berasal dari lingkungan yang bersih dan tidak tercemar oleh asap pembakaran, seperti asap sampah atau emisi dari kegiatan industri.

- b) Aliran udara sebaiknya menggunakan sistem ventilasi silang (*cross ventilation*) dengan meletakkan lubang udara pada sisi berseberangan dinding ruangan. Aliran ini tidak boleh terhambat oleh benda-benda besar seperti lemari, agar sirkulasi udara tetap optimal. Pada ruang-ruang tertentu seperti dapur dan kamar mandi/WC, diperlukan alat bantu mekanik-elektrik, seperti *blower* atau *exhaust fan*, untuk meningkatkan sirkulasi udara.
- c) Ventilasi juga berperan penting dalam menjaga kebersihan udara dari mikroorganisme berbahaya, khususnya bakteri patogen seperti *Mycobacterium tuberculosis*, karena ventilasi memungkinkan terjadinya aliran udara secara terus-menerus. Selain itu, apabila luas ventilasi tidak memenuhi ketentuan kesehatan, proses pertukaran udara serta masuknya sinar matahari ke dalam rumah akan terhambat, sehingga meningkatkan risiko penularan penyakit.

2) Kepadatan penghuni rumah

Tingkat kepadatan penghuni dalam sebuah rumah memberikan dampak yang dapat terlihat jelas terhadap kenyamanan dan kesehatan penghuninya. Ketidakseimbangan antara luas rumah dengan jumlah penghuni dapat menimbulkan ketidaknyamanan dan meningkatkan risiko penularan penyakit. Ukuran ruang yang terbatas, apabila diisi oleh terlalu banyak orang, memiliki hubungan erat dengan kejadian tuberkulosis paru. Semakin tinggi kepadatan penghuni, semakin cepat pula terjadinya pencemaran udara di dalam rumah. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah individu yang memengaruhi kadar O_2 , uap air, dan suhu udara di dalam ruangan. Peningkatan kadar karbon dioksida (CO_2) menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan perkembangbiakan *Mycobacterium tuberculosis*,

sehingga memperbesar kemungkinan kuman tersebut terhirup oleh penghuni melalui saluran pernapasan. Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 mengenai Kesehatan Lingkungan, luas minimum ruang tidur yang dianjurkan adalah 9 meter persegi dan tidak disarankan dihuni oleh lebih dari dua orang, anak berusia di bawah lima tahun terkecualikan.

3) Kelembapan

Suhu ruangan yang tidak optimal dapat berdampak negatif terhadap kenyamanan dan kesehatan penghuni rumah. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tubuh mudah lelah saat beraktivitas dan mengganggu kualitas istirahat. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah dapat menimbulkan rasa tidak nyaman dan, pada individu tertentu, dapat mempercepat pertumbuhan bakteri. Kondisi ini perlu menjadi perhatian karena tingkat kelembapan dalam ruangan yang tinggi mendukung pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri spiroket, *rickettsia*, dan virus. Melalui udara mikroorganisme tersebut dapat masuk ke dalam tubuh. Selain itu, kelembapan yang berlebih dapat menyebabkan pengeringan membran mukosa hidung, sehingga mengurangi efektivitasnya dalam menyaring mikroorganisme. Lingkungan dengan kelembapan tinggi merupakan media yang ideal bagi pertumbuhan bakteri, termasuk *Mycobacterium tuberculosis*. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1986), terdapat tiga sumber utama kelembapan di dalam rumah, yaitu :

- 1) Naiknya kelembapan yang berasal dari tanah (*rising damp*)
- 2) Merembesnya kelembapan berasal dari dinding (*percolating damp*)
- 3) Dan kondisi atap bocor (*roof leaks*)

Untuk mengatasi kelembapan agar terciptanya rumah sehat, penting untuk memperhatikan kondisi drainase atau saluran air di sekitar rumah, memastikan lantai bersifat kedap air, serta menjamin bahwa sambungan antara pondasi dan dinding tidak mengalami kebocoran. Selain itu, atap harus dalam kondisi baik tanpa kebocoran dan ventilasi harus tersedia dalam jumlah yang memadai (Purnama, 2017). Rumah dengan tingkat kelembapan yang tidak memenuhi standar kesehatan dapat berdampak negatif terhadap kondisi kesehatan penghuninya. Lingkungan hunian yang lembap menjadi tempat yang ideal bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. *Mycobacterium tuberculosis* diketahui menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi pada suhu rendah, khususnya antara 2 hingga 8 derajat Celsius, dibandingkan pada suhu yang lebih hangat seperti 25 derajat Celsius (Handayani & Silviani, 2022).

Menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 mengenai Kesehatan Lingkungan, kelembapan udara di dalam rumah yang memenuhi standar kesehatan berkisar antara 40% hingga 60%. Kelembapan udara perlu dijaga agar tidak melebihi atau kurang dari batas yang dianjurkan. Kelembapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan seperti kulit kering, bibir pecah-pecah, dan mimisan, sedangkan kelembapan yang terlalu rendah dapat mengakibatkan tubuh mudah berkeringat secara berlebihan. Udara dengan tingkat kelembapan tinggi menjadi lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan berbagai bakteri, termasuk *Mycobacterium tuberculosis*. Kelembapan sendiri merujuk pada kandungan uap air dalam udara, di mana udara memiliki kapasitas tertentu dalam menahan partikel air yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Pada saat cuaca panas atau berawan,

tingkat kelembapan cenderung meningkat. Sebaliknya, saat suhu turun, seperti pada musim hujan atau dingin, udara menjadi lebih kering (Kasjono, 2018).

4) Pencahayaan sinar matahari

Cahaya matahari tidak hanya berfungsi sebagai sumber penerangan ruangan, tetapi juga memiliki kemampuan untuk membunuh bakteri. Paparan sinar matahari, khususnya pada pagi hari, dapat dimanfaatkan sebagai upaya pencegahan penyakit tuberkulosis paru dengan membuka jendela atau memasang atap kaca agar sinar matahari masuk ke dalam rumah. Sinar matahari pagi mengandung sinar ultraviolet yang efektif dalam membunuh kuman. *Mycobacterium tuberculosis* diketahui mampu bertahan hidup selama bertahun-tahun, namun dapat mati bila terpapar sinar matahari, sabun, lisol, karbol, atau panas api. Hunian yang tidak mendapatkan pencahayaan matahari memiliki risiko 3 hingga 7 kali lebih tinggi untuk terjadinya tuberkulosis dibandingkan dengan rumah yang cukup memperoleh sinar matahari (Purnama, 2017).

Kemampuan ultraviolet yang ada pada cahaya matahari dalam membunuh bakteri sudah sejak lama dikenal. Hal ini kerap dimanfaatkan dalam tindakan pengobatan tertentu. Namun demikian, paparan sinar matahari yang berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif, seperti peningkatan risiko kanker kulit. Kurangnya pencahayaan dalam ruangan dapat berdampak pada gangguan penglihatan, penurunan kenyamanan, dan menurunnya tingkat produktivitas seseorang. Selain itu, pencahayaan yang tidak memadai di dalam rumah dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan domestik. Sedikitnya cahaya matahari yang masuk ke dalam rumah dapat mempercepat pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme penyebab penyakit. Sebaliknya, pencahayaan yang

terlalu berlebihan dapat merusak mata dikarenakan silau. Oleh karena itu, pencahayaan yang cukup dan sesuai sangat penting bagi kesehatan manusia. Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 sebaiknya minimal pencahayaan di dalam rumah yaitu 60 lux dan tidak menyebabkan silau. Pencahayaan tersebut dapat diperoleh melalui kombinasi cahaya alami dan cahaya buatan dengan pengaturan yang tepat.

5) Lantai rumah

Salah satu komponen penting dalam memenuhi standar rumah sehat ialah keberadaan lantai yang kedap terhadap air sehingga tidak terjadinya kelembaban. Jenis lantai, khususnya lantai tanah, berperan dalam meningkatkan risiko kejadian tuberkulosis paru melalui kontribusinya terhadap kelembapan udara dalam ruangan. Lantai tanah cenderung mempertahankan kelembapan, dan pada musim kemarau dapat mengering serta menghasilkan debu yang berpotensi membahayakan kesehatan penghuni rumah (Purnama, 2017).

Mengacu pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 salah satu persyaratan rumah sehat adalah memiliki lantai yang kedap air dan mudah dibersihkan. Lantai yang terbuat dari tanah dan mudah berdebu dapat meningkatkan kelembapan ruangan, sehingga mempermudah penularan penyakit tuberkulosis paru.

6) Dinding

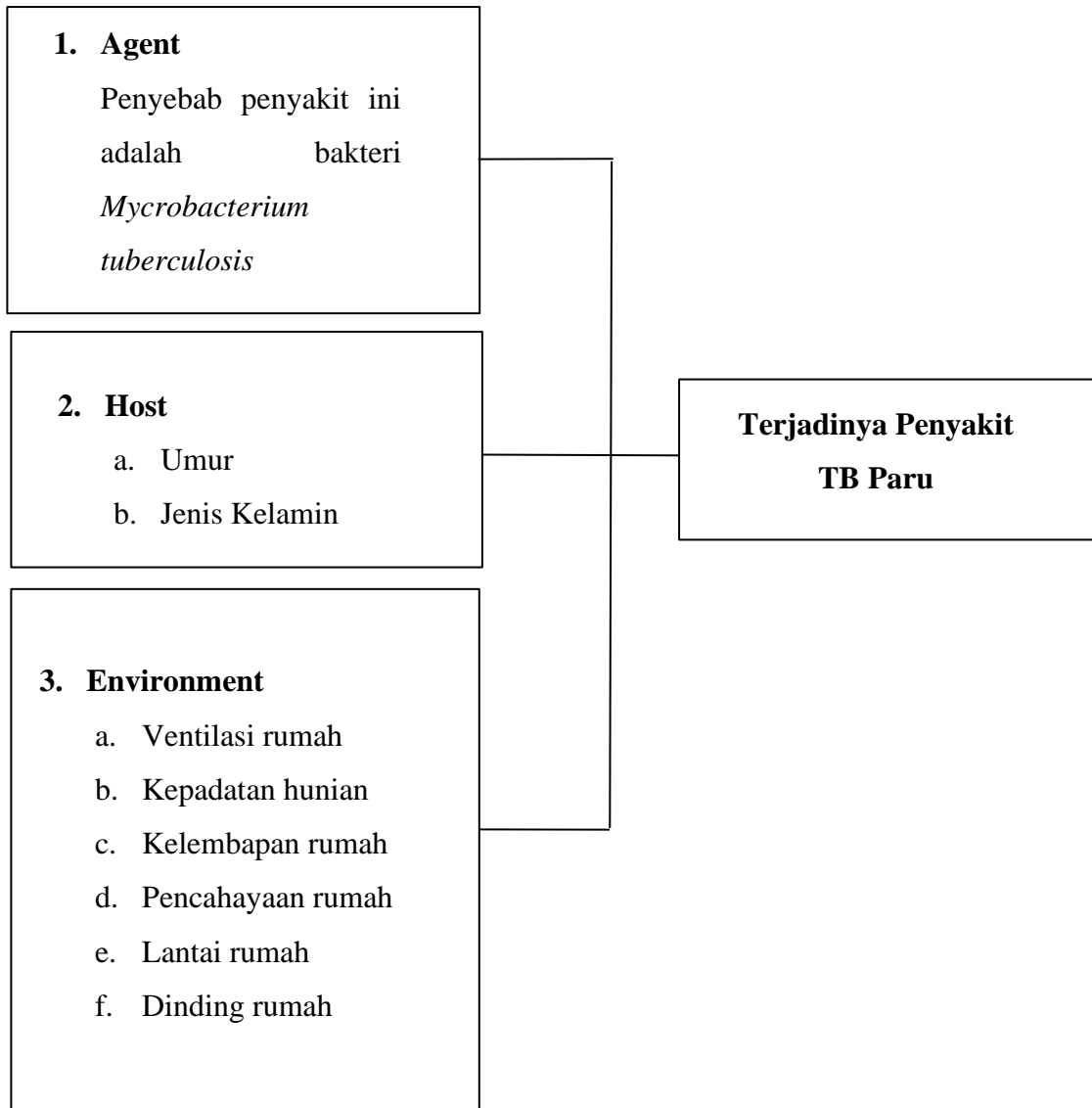
Dinding atau sering disebut juga tembok rumah berfungsi sebagai pelindung baik itu angin maupun debu serta dirancang agar tidak tembus pandang. Dinding sering kali terbuat dari bahan seperti batu bata, batako, bambu, atau papan kayu, dan berventilasi untuk meningkatkan sirkulasi udara yang baik. Dinding mengandung banyak debu dan umumnya dianggap sebagai lingkungan yang menghambat

pertumbuhan bakteri, termasuk *Mycobacterium tuberculosis*. Secara konstruksi, rumah yang memenuhi standar kesehatan terbuat dari bahan yang mudah digunakan dan memiliki kualitas udara yang tinggi. Ada dua kriteria kelayakan: dinding dianggap memenuhi syarat jika terbuat dari batu bata atau beton bertulang, tetapi tidak memenuhi syarat jika menggunakan bahan seperti papan/kayu, bambu, atau anyaman daun rumbia. Individu yang tinggal di rumah dengan dinding yang tidak memenuhi syarat memiliki risiko 7,4 kali lipat lebih tinggi terkena TBC dibandingkan mereka yang tinggal di rumah yang memenuhi syarat. (Susanti, 2018).

7) Langit-langit rumah

Berdasarkan Permenkes No 2 Tahun 2023 tentang Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 mengenai Kesehatan Lingkungan, salah satu persyaratan rumah sehat adalah bahwa langit-langit harus memiliki permukaan yang tidak sulit dibersihkan serta tidak membahayakan penghuni, sehingga tidak menimbulkan potensi kecelakaan.

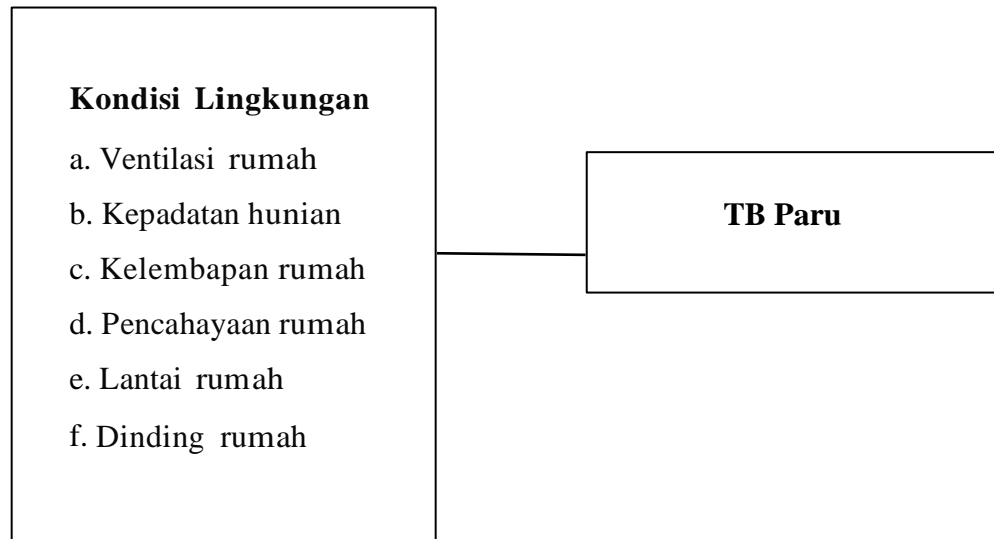
H. Kerangka Teori



Gambar 2.6 Kerangka Teori

Sumber : (Akbar, 2020)

I. Kerangka Konsep



Gambar 2.7 Kerangka Konsep

J. Definisi Operasional

Tabel 2.1

NO	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
1.	Laju Ventilasi	Ventilasi berfungsi sebagai sarana pertukaran udara, yaitu untuk masuknya udara segar ke dalam ruangan dan membuang udara dalam ruangan yang telah tercemar atau pengap. Berdasarkan Permenkes No 2 Tahun 2023, laju aliran ventilasi yang disarankan berada pada kisaran 0,15 hingga 0,25 meter per detik.	Observasi dan pengukuran	Anemometer	1. Memenuhi syarat bila kecepatan angin pada ventilasi 0,15 – 0,25 m/detik 2. Tidak memenuhi syarat bila laju ventilasi < 0,15m/detik dan >0,25 m/detik	Ordinal
2.	Kepadatan Penghuni Ruang Tidur	Tingkat kepadatan hunian ditentukan berdasarkan luas area kamar tidur dibagi dengan jumlah individu yang menempati ruang tersebut	Observasi dan pengukuran	Kuesioner	1. Memenuhi syarat bila kepadatan >9m ² / 2 orang. 2. Tidak memenuhi syarat jika kepadatan <9m ² / 2 orang	Ordinal

3	Kelembapan	Kandungan uap air di dalam udara yang terdapat pada suatu ruang tertutup.	Pengukuran	Hygrometer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memenuhi syarat bila kelembapan 40%-60%. 2. Tidak memenuhi syarat bila kelembapan <40%-60%. 	Ordinal
4	Pencahayaan Alami	Rumah yang memenuhi syarat kesehatan wajib memiliki akses pencahayaan alami atau buatan dengan intensitas minimal 60 lux, tanpa menimbulkan efek silau yang mengganggu.	Pengukuran	Lux meter	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pencahayaan dinyatakan memenuhi standar apabila intensitas cahaya berada dalam 60 hingga 120 lux. 2. Pencahayaan dianggap tidak memenuhi syarat apabila intensitas cahaya berada di bawah 60 lux atau melebihi 120 lux. 	Ordinal
5	Kondisi Lantai	Struktur horizontal yang menompang beban dari segala aktivitas, umumnya terbuat dari keramik atau plester.	Observasi	Checklist	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dinyatakan memenuhi syarat bila lantai kedap air dan tidak lembab. 2. Dinyatakan tidak memenuhi syarat bila kondisi tidak kedap air dan lembab 	Ordinal
6	Dinding	Dinding rumah berperan sebagai pelindung dari angin, debu, dan hujan. Dilengkapi ventilasi untuk mendukung pertukaran udara segar. Memenuhi syarat bila dinding tahan air, tidak lembap, dan mudah dibersihkan.	Observasi	Checklist	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dikategorikan memenuhi syarat apabila terbuat dari batu bata dan beton bertulang. 2. Dinding dianggap tidak memenuhi syarat apabila menggunakan material seperti anyaman bambu, papan, atau kayu. 	Ordinal

